

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005)

PCT

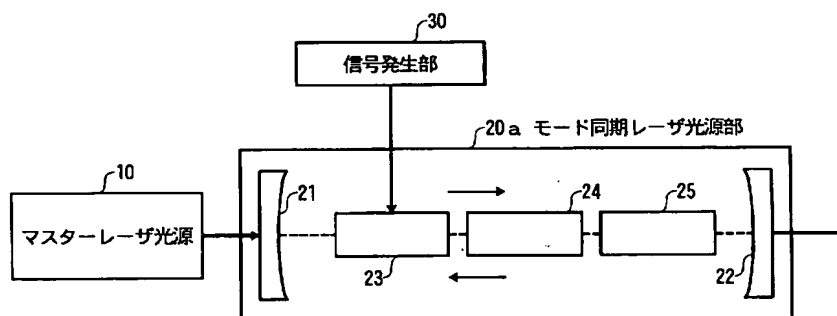
(10) 国際公開番号  
WO 2005/076422 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01S 5/065, H04B 10/02, 10/18, H04J 14/00, 14/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001615
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 3 日 (03.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2004-028079 2004 年 2 月 4 日 (04.02.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 森 邦彦 (MORI, Kunihiko) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 佐藤 憲史 (SATO, Kenji) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大原 拓也 (OHARA, Takuya) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 古谷 史旺, 外 (FURUYA, Fumio et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 1 丁目 1 9 番 5 号 第 2 明宝ビル 9 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: MODE-LOCKED LASER LIGHT SOURCE AND MULTICARRIER LIGHT SOURCE EMPLOYING IT

(54) 発明の名称: モード同期レーザ光源およびこれを用いたマルチキャリア光源



30 SIGNAL GENERATING SECTION  
10 MASTER LASER LIGHT SOURCE  
20 a MODE-LOCKED LASER LIGHT SOURCE SECTION

(57) Abstract: A mode-locked laser light source serving as a light source for generating a high-quality multicarrier light while stabilizing the frequency of each carrier light comprising a master laser light source generating a master laser light, a mode-locked laser light source section including at least a modulating section, an amplifying section and a band limit section for reducing mode distribution noise in an optical resonator, and a signal generating section generating a periodic signal applied to the modulating section for the purpose of mode locking of the mode-locked laser light source section, wherein the master laser light is made to enter the optical resonator of the mode-locked laser light source section and injection-locked. A multicarrier light source is composed of a combination of the mode-locked laser light source and a waveguide type nonlinear medium.

(57) 要約: 各キャリア光の周波数を安定化し、かつ高品質のマルチキャリア光を発生させるための光源となるモード同期レーザ光源は、マスターレーザ光を発生するマスターレーザ光源と、光共振器中に少なくとも変調部と、増幅部と、モード分配

[続葉有]



WO 2005/076422 A1



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

雑音を低減する帯域制限部を含むモード同期レーザ光源部と、モード同期レーザ光源部のモード同期のための変調部に印加する周期的信号を発生する信号発生部とを備え、マスターレーザ光をモード同期レーザ光源部の光共振器に入射して注入同期させる構成である。マルチキャリア光源は、このモード同期レーザ光源に導波路型光非線形媒質を組み合わせる。

## 明 細 書

モード同期レーザ光源およびこれを用いたマルチキャリア光源

技術分野

[0001] 本発明は、マルチキャリア光を発生するための安定した光源となるモード同期レーザ光源およびこれを用いたマルチキャリア光源に関する。

背景技術

[0002] 等しい周波数間隔でキャリア光が整列したマルチキャリア光源は、通信用および計測用光源として有用である。

[0003] 図34は、マルチキャリア光源の第1の従来例を示す(非特許文献1)。本従来例は、キャリア光数が数十程度の場合に適するものであり、単一波長光源81をキャリア光数分用意し、それぞれから出力されるキャリア光を波長合波器82で合波する構成である。小型化のためには、単一波長光源81として、分布帰還型半導体レーザ等の小型光源が用いられる。

[0004] 図35は、マルチキャリア光源の第2の従来例を示す。本従来例は、分布帰還型半導体レーザ等の単一波長光源81の出力光(中心光周波数 $\nu_0$ )を、発振器83から出力される繰り返し周波数 $f$ の信号で駆動される光変調器(強度変調器や位相変調器など)84に入力し、複数が等間隔の側帯波を発生させてマルチキャリア化する構成である。さらに、多くのキャリア光が必要な場合には、非特許文献2に示すように、複数の単一波長光源の出力光を多重してから光変調器で変調する構成をとる。マルチキャリア光の周波数間隔は光変調器の変調周波数となるが、マルチキャリア光の線幅および周波数安定性は、単一波長光源の出力光と同等である。

[0005] また、マルチキャリア光源の第3の従来例には、ファブリペローレーザ光源(非特許文献3)あるいはモード同期レーザ光源(非特許文献4)等の多モードレーザ光源を用い、等周波数間隔のマルチキャリア光を発生させるものがある。多数のキャリア光を発生させるためには、レーザ共振器中にフィルタ等の帯域制限手段を設けない。一方、発振光周波数を安定化するには、外部光による注入同期(非特許文献4)や、波長フィルタを利用した光周波数ロッキング手段が用いられている。

[0006] 図36は、マルチキャリア光源の第4の従来例を示す。本従来例は、パルス光源85の変調部を信号発生部86から供給される周期的信号で駆動し、その出力パルス光を導波路型光非線形媒質87に入力してマルチキャリア光を発生させる構成である。導波路型光非線形媒質87では、パルス光源85の出力パルス光を種として、スーパーコンティニウム等の非線形光学効果に基づくスペクトル増大現象を起こし、出力パルス光に含まれるキャリア光の本数を増大させる。マルチキャリア光の周波数間隔は、出力パルス光の繰り返し周波数となる。このパルス光源85には、単一波長光源と外部変調器を組み合わせた光源(非特許文献5)、あるいはモード同期レーザ光源(非特許文献6)などを用いることができる。

非特許文献1: 500Gb/s( $50 \times 10$  Gb/s) WDM transmission over 4000km using broadband EDFAs and low dispersion slope fiber, OFC/IOOC '99 Postdeadline Papers, 1999

非特許文献2: 12.5GHz Spaced 1.28Tb/s (512-Channel  $\times$  2.5Gb/s) Super-Dense WDM Transmission Over 320km SMF Using Multiwavelength Generation Technique, IEEE Photonics Technology Letters, vol.14, no.3, 2002

非特許文献3: 注入同期におけるFP-LDの伝送特性の縦モード依存性、2002年電子情報通信学会総合大会、B-10-155

非特許文献4: Experimental Investigation of Injection Locking of Fundamental and Subharmonic Frequency-Modulated Active Mode-Locked Laser Diodes, IEEE Journal of Quantum Electronics, vol.34, no.9, 1998

非特許文献5: 位相変調器を用いた低雑音光周波数コムが発生、第1回マイクロ波・ミリ波フォトニクス(MWP)研究会、電子情報通信学会、MWP03-3, 2003

非特許文献6: More than 1000 channel optical frequency chain generation from single supercontinuum source with 12.5GHz channel spacing, ELECTRONICS LETTERS, vol.36, no.25, 2000

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 第1の従来例および第2の従来例の複数の単一波長光源を用いる構成は、各光源

の光周波数が等間隔になるように制御・安定化する必要があり、キャリア光の数が100を越えるような場合には、サイズおよびコスト的にも非現実的なものになる。

[0008] 多モードレーザ光源を用いる第3の従来例では、多数のキャリア光を発生させようとすると、多モードレーザ光源に特有のモード分配雑音が発生し、各キャリア光の品質が劣化する。一方、多モードレーザ光源において帯域制限すると、モード分配雑音が低減して各キャリア光の品質は改善されるが、多数のキャリア光を発生させることは困難になる。すなわち、多モードレーザ光源における帯域制限は、キャリア光の発生数と品質のトレードオフの関係をもたらす。

[0009] 第4の従来例におけるキャリア光の品質は、非線形光学効果に基づくスペクトル増大現象を用いているために、一般に種となるパルス光の品質と同等かそれ以下で、単一波長光源出力の品質と比較して劣っていた。

[0010] 本発明は、各キャリア光の周波数を安定化し、かつ高品質のマルチキャリア光を発生させることができるモード同期レーザ光源およびそれを用いたマルチキャリア光源を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0011] (モード同期レーザ光源)

第1の発明のモード同期レーザ光源は、マスターレーザ光を発生するマスターレーザ光源と、光共振器中に少なくとも変調部と、増幅部と、モード分配雑音を低減する帯域制限部を含むモード同期レーザ光源部と、モード同期レーザ光源部のモード同期のための変調部に印加する周期的信号を発生する信号発生部とを備え、マスターレーザ光をモード同期レーザ光源部の光共振器に入射して注入同期させる構成である。なお、マスターレーザ光源には、光周波数がモード同期レーザ光源部のフリーランニング時の光周波数より安定であり、かつ線幅が小さいものを用いる。

[0012] 第2の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、変調部は、電界吸収型変調器または可飽和吸収型変調器を用いる。第3の発明は、第2の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部は、少なくとも変調部および増幅部に対応する複数の電極を有する半導体レーザ光源を用いる。第4の発明は、第3の発明のモード同期レーザ光源において、変調部に印加される電圧、増幅部に流

れる電流、または半導体レーザ光源の動作温度の制御により、光共振器長を制御する構成とする。

[0013] 第5の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、帯域制限部は、帯域通過型光フィルタあるいは回折格子あるいはブラッググレーティングあるいはチャープブラッググレーティングとする。

[0014] 第6の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、マスターレーザ光源とモード同期レーザ光源部との間に、モード同期レーザ光源部からの戻り光を阻止する光アイソレータまたは光サーキュレータを配置する。第7の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光を入射するポートと、出力光を出射するポートが異なる構成である。第8の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源は、モード同期レーザ光源部の光共振器中に、変調部、増幅部、帯域制限部がこの順に配置され、変調部側からマスターレーザ光が入射される構成である。第9の発明は、第1の発明のモード同期レーザにおいて、マスターレーザ光源から出力されるマスターレーザ光を変調する光変調手段と、モード同期レーザ光源部の変調部に印加する周期的信号と同期した周期的信号を発生する信号発生部とを備え、信号発生部から出力される周期的信号によってマスターレーザ光を変調してモード同期レーザ光源部に入力する構成とする。

[0015] 第10の発明は、変調部に電界吸収型変調器または可飽和吸収型変調器を用いた第2の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の変調部に流れる平均電流値を検出する変調部平均電流測定部と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、変調部平均電流測定部で測定される平均電流値が、モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均電流値より小さくなるように光共振器長を制御する構成である。

[0016] 第11の発明は、第10の発明のモード同期レーザ光源において、光共振器長制御部は、変調部平均電流測定部で測定される平均電流値が、モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均電流値の90%以下になるように光共振器長を制御する構成である。

- [0017] 第12の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の出力光の平均光強度を検出する光強度測定部と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、光強度測定部で測定される平均光強度が、モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均光強度より大きくなるように光共振器長を制御する構成である。
- [0018] 第13の発明は、第12の発明のモード同期レーザ光源において、光共振器長制御部は、光強度測定部で測定される平均光強度が、モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均光強度の105%以上になるように光共振器長を制御する構成としてもよい。
- [0019] 第14の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードの線幅を検出する線幅測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定される縦モードの線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成である。
- [0020] 第15の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードとマスターレーザ光のビート信号の線幅を検出する線幅測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定されるビート信号の線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成である。
- [0021] 第16の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードのCN比を検出するCN比測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、CN比測定手段で測定される縦モードのCN比が極大になるように光共振器長を制御する構成である。
- [0022] 第17の発明は、第1の発明のモード同期レーザ光源において、モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードとマスターレーザ光のビート信号のCN比または強度を検出するCN比／強度測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を

制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定されるビート信号のCN比が極大または強度が最大になるように光共振器長を制御する構成である。

[0023] (マルチキャリア光源)

第18の発明のマルチキャリア光源は、第1〜第17の発明のモード同期レーザ光源と、モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質とを備える。

[0024] 第19の発明のマルチキャリア光源は、第1〜第9の発明のモード同期レーザ光源と、モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光の線幅を検出する線幅測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定されるキャリア光の線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成である。

[0025] 第20の発明のマルチキャリア光源は、第1〜第9の発明のモード同期レーザ光源と、モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光とマスターレーザ光のビート信号の線幅を検出する線幅測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定されるビート信号の線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成である。

[0026] 第21の発明のマルチキャリア光源は、第1〜第9の発明のモード同期レーザ光源と、モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光のCN比を検出するCN比測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、CN比測定手段で測定されるキャリア光のCN比が極大になるように光共振器長を制御する構成である。



- [0027] 第22の発明のマルチキャリア光源は、第1～第9の発明のモード同期レーザ光源と、モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光とマスターレーザ光のビート信号のCN比または強度を検出するCN比／強度測定手段と、モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、光共振器長制御部は、線幅測定手段で測定されるビート信号のCN比が極大または強度が最大になるように光共振器長を制御する構成である。
- [0028] 第23の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値(単位:ps/nm/km)が正から負に減少する特性を有する。第24の発明は、第23の発明のマルチキャリア光源において、導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有する。
- [0029] 第25の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値が0から $-0.5[\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ で、かつ波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有する。
- [0030] 第26の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、導波路型光非線形媒質は、モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散スロープの絶対値が $0.1[\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}]$ 以下で、非線形定数 $\gamma$ が $10[\text{W}^{-1}\text{km}^{-1}]$ 以上のホーリーファイバである。
- [0031] 第27の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、モード同期レーザ光源と導波路型光非線形媒質との間に光増幅器を配置する。第28の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、モード同期レーザ光源と導波路型光非線形媒質との間に、モード同期レーザ光源の出力光の時間幅を圧縮するパルス圧縮器を配置する。第29の発明は、第18～第22の発明のマルチキャリア光源において、マルチキャリア光源を構成する各要素を偏波保持型とする。

発明の効果

- [0032] 本発明のモード同期レーザ光源は、モード同期レーザ光源部に配置した帯域制限部の効果、およびマスターレーザ光源から出力されるマスターレーザ光による注入同期の効果により、出力光の低雑音化および狭線幅化を図ることができる。
- [0033] また、モード同期レーザ光源部の変調部に流れる平均電流、出力光の平均光電力、出力光に含まれる縦モードの線幅あるいはCN比、マスターレーザ光とモード同期レーザ光源部の出力光のビート信号の線幅あるいはCN比を用いてマスターレーザ光とのロッキング状態を監視し、それに基づいてモード同期レーザ光源部の光共振器長を制御することにより、注入同期状態を長時間維持することができる。
- [0034] 本発明のマルチキャリア光源は、低雑音化および狭線幅化されたモード同期レーザ光源の出力光を導波路型光非線形媒質に入力することにより、広波長範囲にわたって各キャリア光の周波数が安定化し、かつ高品質のマルチキャリア光を発生させることができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0035] [図1]本発明のモード同期レーザ光源の第1の実施形態を示す図である。  
[図2]本発明のモード同期レーザ光源の第2の実施形態を示す図である。  
[図3]本発明のモード同期レーザ光源の第3の実施形態を示す図である。  
[図4]本発明のモード同期レーザ光源の第4の実施形態を示す図である。  
[図5]本発明のモード同期レーザ光源の第5の実施形態を示す図である。  
[図6]本発明のモード同期レーザ光源の第6の実施形態を示す図である。  
[図7]モード同期レーザ光源部20のロッキング特性を示す図である。  
[図8]変調部24に流れる平均電流の温度依存性を示す図である。  
[図9]本発明のモード同期レーザ光源の第7の実施形態を示す図である。  
[図10]モード同期レーザ光源部20の出力光の平均光強度の温度依存性を示す図である。  
[図11]本発明のモード同期レーザ光源の第8の実施形態を示す図である。  
[図12]導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光線幅の測定例を示す図である。  
[図13]本発明のモード同期レーザ光源の第9の実施形態を示す図である。

[図14]本発明のモード同期レーザ光源の第10の実施形態を示す図である。

[図15]導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光のCN比の測定例を示す図である。

[図16]本発明のモード同期レーザ光源の第11の実施形態を示す図である。

[図17]本発明のモード同期レーザ光源の第12の実施形態を示す図である。

[図18]本発明のモード同期レーザ光源の第13の実施形態を示す図である。

[図19]本発明のモード同期レーザ光源の第14の実施形態を示す図である。

[図20]本発明のモード同期レーザ光源の第15の実施形態を示す図である。

[図21]本発明のモード同期レーザ光源の第16の実施形態を示す図である。

[図22]本発明のマルチキャリア光源の第1の実施形態を示す図である。

[図23]本発明のマルチキャリア光源の出力スペクトルの一例(注入同期あり)を示す図である。

[図24]本発明のマルチキャリア光源の出力スペクトルの一例(注入同期なし)を示す図である。

[図25]導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第1例を示す図である。

[図26]導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第2例を示す図である。

[図27]導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第3例を示す図である。

[図28]本発明のマルチキャリア光源の第2の実施形態を示す図である。

[図29]本発明のマルチキャリア光源の第3の実施形態を示す図である。

[図30]本発明のマルチキャリア光源の第4の実施形態を示す図である。

[図31]本発明のマルチキャリア光源の第5の実施形態を示す図である。

[図32]本発明のマルチキャリア光源の第6の実施形態を示す図である。

[図33]本発明のマルチキャリア光源の第7の実施形態を示す図である。

[図34]マルチキャリア光源の第1の従来例を示す図である。

[図35]マルチキャリア光源の第2の従来例を示す図である。

[図36]マルチキャリア光源の第3の従来例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0036] (モード同期レーザ光源の第1の実施形態)

図1は、本発明のモード同期レーザ光源の第1の実施形態を示す。図において、モード同期レーザ光源は、マスターレーザ光源10と、対向するミラー21, 22で形成される光共振器中に変調部23と増幅部24と帯域制限部25を含むモード同期レーザ光源部20aと、信号発生部30から構成される。本実施形態の特徴は、モード同期レーザ光源部20aに帯域制限部25を設けたところと、マスターレーザ光源10から出力されるマスターレーザ光をモード同期レーザ光源部20aの光共振器に入射して注入同期させるところにある。なお、モード同期レーザ光源部20aには出力ポートに加え、マスターレーザ光を入射するための入力ポートを別に設けることが望ましい。これにより、モード同期レーザ光源部20aの出力光にマスターレーザ光が直接混入することを防止することができる。

[0037] モード同期レーザ光源部20aの変調部23には、信号発生部(例えば発振器)30からモード同期のための周期的信号が印加される。帯域制限部25は、帯域通過型光フィルタ(例えば多層膜光フィルタ)あるいは回折格子あるいはブラッググレーティングあるいはチャープブラッググレーティングが用いられる。この帯域制限部25の波長フィルタリング効果により、モード同期レーザ光源部20aの出力光のモード分配雑音が低減化される。なお、本実施形態では、ミラー21, 22間に、変調部23、増幅部24、帯域制限部25の順に配置され、変調部23側からマスターレーザ光が入射される構成をとっている。この構成は、帯域制限部25として回折格子、ブラッググレーティングあるいはチャープブラッググレーティングが用いられる場合に、光共振器へのマスターレーザ光の入射効率が向上する利点がある。ただし、一般には変調部23、増幅部24、帯域制限部25の配置は本実施形態の配置例に限定されず、その順番は任意であり、また例えば衝突パルス型モード同期レーザのように複数の増幅部を設け、光共振器の中央に変調部を配置する構成としてもよい。

[0038] マスターレーザ光源10には、光周波数がモード同期レーザ光源部20aのフリーランニング時の光周波数より安定であり、線幅が小さいものを用いる。マスターレーザ光源10から出力されるマスターレーザ光をモード同期レーザ光源部20aに注入することにより、モード同期レーザ光源部20aの出力光のスペクトルの縦モードがマスターレーザ光の光周波数にロックされる注入同期現象が起こる。これにより、モード同期レ

ーザ光源部20aの出力光は、帯域制限部25の効果および注入同期の効果により、低雑音化および狭線幅化される。ただし、マルチキャリア光としての帯域および縦モード本数は十分ではない。

[0039] (モード同期レーザー光源の第2の実施形態)

図2は、本発明のモード同期レーザー光源の第2の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、リング型共振器を構成するモード同期レーザー光源部20bを用いるところにある。モード同期レーザー光源部20bは、光結合器26、変調部23、増幅部24、帯域制限部25、光分岐器27をリング状に結合し、マスターレーザー光源10から出力されるマスターレーザー光を光結合器26を介して入力し、出力光は光分岐器27を介して出力する。なお、光共振器中に光アイソレータを挿入してもよい。

[0040] (モード同期レーザー光源の第3の実施形態)

図3は、本発明のモード同期レーザー光源の第3の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、モード同期レーザー光源部20cとして、基板上にモノリシックに変調部23、増幅部24および帯域制限部25を形成した半導体レーザー光源を用いるところにある。これによりサイズが小型化される。なお、変調部23に印加する信号を供給する信号発生部30には、バイアス電圧付与手段が付加される。

[0041] (モード同期レーザー光源の第4の実施形態)

図4は、本発明のモード同期レーザー光源の第4の実施形態を示す。本実施形態の特徴は第1の実施形態～第3の実施形態において、マスターレーザー光源10とモード同期レーザー光源部20(20a, 20b, 20c)との間に、モード同期レーザー光源からマスターレーザー光源への戻り光の悪影響を防止するために光アイソレータ41を備えるところにある。なお、半導体レーザー光源を用いたモード同期レーザー光源部20cの場合には、出力ポートにも光アイソレータを備えてもよい。

[0042] (モード同期レーザー光源の第5の実施形態)

図5は、本発明のモード同期レーザー光源の第5の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第1の実施形態～第3の実施形態におけるモード同期レーザー光源部20が1つのポート(出力ポート)のみを有する場合に、その出力ポート側から、マスターレーザー光源10から出力されたマスターレーザー光を注入するところにある。モード同期レ

ザ光源の出力光とマスターレーザ光の分離は、光サーキュレータ42により行う。

[0043] (モード同期レーザ光源の第6の実施形態)

図6は、本発明のモード同期レーザ光源の第6の実施形態を示す。第1の実施形態〜第5の実施形態におけるモード同期レーザ光源部20の注入同期は、温度等の外部環境によりロックがはずれることがある。本実施形態は、長時間安定にロックするための安定化手段(注入同期条件の調整)として、モード同期レーザ光源部20の光共振器長(光路長)を制御するための構成例を示す。

[0044] 図において、変調部平均電流測定部43は、モード同期レーザ光源部20の変調部23に流れる平均電流をモニタし、ロッキング状態を判断する。光共振器長制御部44は、変調部平均電流測定部43のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。このような電流モニタが可能な変調部23としては、例えば電界吸収型変調器や可飽和吸収型変調器などを用いることができる。

[0045] 光共振器長の制御は、光共振器の幾何学的長さを変化させる方法と、光共振器内の屈折率を変化させる方法がある。リング型共振器(図2)のように光共振器長が長い場合には前者の方法が容易である。半導体レーザ光源(図3)の場合には後者の方法が容易であり、例えば増幅部24に流れる電流、あるいは変調部23に印加する電圧、あるいは動作温度を変化させてレーザ導波路の屈折率を変化させることにより、等価的に光共振器長を制御することができる。

[0046] 図7は、モード同期レーザ光源部20の動作温度を変化させて光共振器長を変化させた場合のロッキング特性を示す。横軸は動作温度、縦軸はモード同期レーザ光源部20の出力光とマスターレーザ光とのビート周波数を表し、プロットの変化が平坦な部分は注入同期が起きていることを表す。

[0047] 図8は、モード同期レーザ光源部20の変調部23を流れる平均電流の温度依存性を示す。平均電流が大きく変化する動作温度の範囲は、注入同期が起きるロッキング範囲と対応している。これにより、変調部23を流れる平均電流をモニタすることにより、マスターレーザ光とのロッキング状態を判断することができる。すなわち、光共振器長制御部44は、変調部平均電流測定部43で測定される平均電流値が、マスターレーザ光がモード同期レーザ光源部20に入射されないときの平均電流値より小さくな

るように、例えば90%以下になるように光共振器長を制御することにより、ロッキング状態を維持することができる。

[0048] (モード同期レーザ光源の第7の実施形態)

図9は、本発明のモード同期レーザ光源の第7の実施形態を示す。本実施形態は、モード同期レーザ光源部20のロッキング状態安定化(注入同期条件の調整)のための他の構成例を示す。

[0049] 図において、光強度測定部45は、モード同期レーザ光源部20の出力光の一部を光分岐器46を介して入力し、その平均光強度をモニタしてロッキング状態を判断する。光共振器長制御部44は、光強度測定部45のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。光共振器長の制御は、第6の実施形態と同様である。

[0050] 図10は、モード同期レーザ光源部20の出力光の平均光強度の温度依存性を示す。出力光の平均光強度が大きく変化する動作温度の範囲は、注入同期が起きるロッキング範囲と対応している。これにより、出力光の平均光強度をモニタすることにより、マスターレーザ光とのロッキング状態を判断することができる。すなわち、光共振器長制御部44は、光強度測定部45で測定される平均光強度が、マスターレーザ光がモード同期レーザ光源部20に入射されないときの平均光強度より大きくなるように、例えば105%以上になるように光共振器長を制御することにより、ロッキング状態を維持することができる。

[0051] (モード同期レーザ光源の第8の実施形態)

図11は、本発明のモード同期レーザ光源の第8の実施形態を示す。本実施形態は、モード同期レーザ光源部20のロッキング状態安定化(注入同期条件の調整)のための他の構成例を示す。

[0052] 図において、光フィルタ47および線幅測定部48は、モード同期レーザ光源部20の出力光の一部を光分岐器46を介して入力し、その出力光に含まれる縦モードの1つを光学的に分離し、その線幅をモニタしてロッキング状態を判断する。光共振器長制御部44は、線幅測定部48のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。光共振器長の制御は、第6の実施形態と同様である。線幅測

定部48は、遅延自己ヘテロダイン方等の測定方法により1つの縦モードの線幅の測定が可能である。

[0053] ここで、モード同期レーザ光源部20の出力光の縦モード線幅の測定例に代えて、後述するモード同期レーザ光源部20の出力光を入力する導波路型光非線形媒質(マルチキャリア光源)の出力光中のキャリア光線幅の測定例を図12に示す。なお、同じ光周波数では、モード同期レーザ光源部20の出力光の縦モードの線幅と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光の線幅はほぼ等しい。本測定では、本発明のモード同期レーザ光源(モード同期レーザ光源部20)の出力光の平均波長を1552.52 nmとした。

[0054] 図12において、黒丸はモード同期レーザ光源部20にマスターレーザ光を注入した場合であり、白丸は注入がない場合である。線幅が狭いマスターレーザ光によってモード同期レーザ光源部20をロックすることにより、モード同期レーザ光源部20の出力光の縦モード線幅(導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光線幅)が極小となる。これにより、モード同期レーザ光源部20の出力光の縦モード線幅として、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光線幅をモニタすることにより、マスターレーザ光とのロッキング状態を判断することができる。すなわち、光共振器長制御部44は、線幅測定部48で測定される線幅が極小になるように光共振器長を制御することにより、ロッキング状態を維持することができる。

[0055] (モード同期レーザ光源の第9の実施形態)

図13は、本発明のモード同期レーザ光源の第9の実施形態を示す。本実施形態は、モード同期レーザ光源部20のロッキング状態安定化(注入同期条件の調整)のための他の構成例を示す。

[0056] 図において、光分岐器46-1で分岐されるマスターレーザ光の一部と、光分岐器46-2で分岐されるモード同期レーザ光源部20の出力光の一部を光ミキサ49で結合し、出力光に含まれる縦モードの1つ(マスターレーザ光の周波数に最も近い縦モード)とマスターレーザ光のビート信号の線幅を線幅測定部48でモニタしてロッキング状態を判断する。光共振器長制御部44は、線幅測定部48のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。光共振器長の制御は、第6



の実施形態と同様である。光ミキサ49は、フォトディテクタ等の光検出器を用いることができる。なお、光周波数シフタ50を用いてマスターレーザ光の周波数をシフトさせて光ヘテロダイン検波する構成とすれば、線幅の測定をより容易に行うことができる。

[0057] モード同期レーザ光源部20がマスターレーザ光とロックした場合には、モード同期レーザ光源部20の出力光に含まれる縦モードとマスターレーザ光とのビート信号の線幅は極小になる。よって、光共振器長制御部44は、線幅測定部48で測定されるビート信号の線幅が極小になるように光共振器長を制御することにより、ロッキング状態を維持することができる。

[0058] (モード同期レーザ光源の第10の実施形態)

図14は、本発明のモード同期レーザ光源の第10の実施形態を示す。本実施形態は、モード同期レーザ光源部20のロッキング状態安定化(注入同期条件の調整)のための他の構成例を示す。

[0059] 図において、光フィルタ47およびCN比測定部51は、モード同期レーザ光源部20の出力光の一部を光分岐器46を介して入力し、その出力光に含まれる縦モードの1つを光学的に分離し、そのCN比をモニタしてロッキング状態を判断する。光共振器長制御部44は、CN比測定部51のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。光共振器長の制御は、第6の実施形態と同様である。CN比測定部51は、フォトディテクタと光スペクトラムアナライザ等を用いて測定した相対強度雑音を信号の帯域で積分することにより、縦モードのCN比を測定することができる。

[0060] ここで、モード同期レーザ光源部20の出力光の縦モードのCN比の測定例に代えて、後述するモード同期レーザ光源部20の出力光を入力する導波路型光非線形媒質(マルチキャリア光源)の出力光中のキャリア光のCN比の測定例を図15に示す。なお、マスターレーザ光の注入によるモード同期レーザ光源部20の出力光の縦モードのCN比の改善量と、導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光のCN比の改善量はほぼ等しい。本測定では、本発明のモード同期レーザ光源(モード同期レーザ光源部20)の出力光の平均波長を1552.52 nmとした。

[0061] 図15において、黒丸はモード同期レーザ光源部20にマスターレーザ光を注入した

場合であり、白丸は注入がない場合である。マスターレーザ光によってモード同期レーザ光源部20をロックすることにより、モード同期レーザ光源部20の出力光(導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光)のCN比が極大とる。これにより、出力光の縦モードのCN比(導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光のCN比)をモニタすることにより、マスターレーザ光とのロックング状態を判断することができる。すなわち、光共振器長制御部44は、CN比測定部51で測定されるCN比が極大になるように光共振器長を制御することにより、ロックング状態を維持することができる。

[0062] (モード同期レーザ光源の第11の実施形態)

図16は、本発明のモード同期レーザ光源の第11の実施形態を示す。本実施形態は、モード同期レーザ光源部20のロックング状態安定化(注入同期条件の調整)のための他の構成例を示す。

[0063] 図において、光分岐器46-1で分岐されるマスターレーザ光の一部と、光分岐器46-2で分岐されるモード同期レーザ光源部20の出力光の一部を光ミキサ49で結合し、出力光に含まれる縦モードの1つ(マスターレーザ光の周波数に最も近い縦モード)とマスターレーザ光のビート信号のCN比または強度をCN比/強度測定部51でモニタしてロックング状態を判断する。光共振器長制御部44は、CN比/強度測定部51のモニタ結果に応じて、モード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御する。光共振器長の制御は、第6の実施形態と同様である。光ミキサ49は、フォトディテクタ等の光検出器を用いることができる。なお、光周波数シフタ50を用いてマスターレーザ光の周波数をシフトさせて光ヘテロダイン検波する構成とすれば、CN比の測定をより容易に行うことができる。

[0064] モード同期レーザ光源部20がマスターレーザ光とロックした場合には、モード同期レーザ光源部20の出力光に含まれる縦モードとマスターレーザ光とのビート信号のCN比は極大になり、強度は最大になる。よって、光共振器長制御部44は、CN比測定部48で測定されるビート信号のCN比が極大、または強度が最大になるように光共振器長を制御することにより、ロックング状態を維持することができる。

[0065] (モード同期レーザ光源の第12の実施形態)

図17は、本発明のモード同期レーザ光源の第12の実施形態を示す。本実施形態

の特徴は、マスターレーザ光源10からモード同期レーザ光源部20に入力するマスターレーザ光を変調する光変調手段60と、モード同期レーザ光源部20の変調部に印加する周期的信号と同期した周期的信号を発生する信号発生部61を備え、信号発生部61から出力される周期的信号によってマスターレーザ光を変調するところにある。なお、この2つの周期的信号の周波数は等しいか整数倍の関係にある。また、光変調手段60を用いる代わりに、マスターレーザ光源10を直接変調する構成としてもよい。

[0066] (モード同期レーザ光源の第13の実施形態)

図18は、本発明のモード同期レーザ光源の第13の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、光ファイバ伝送路200を介して接続されるノード100m, 100sにそれぞれ本発明のモード同期レーザ光源を配置する場合に、マスターレーザ光(基準周波数光)を発生するマスターレーザ光源10を共用するところにある。なお、ノード100mに接続されるノードは複数であってもよい。

[0067] すなわち、ノード100mのマスターレーザ光源10、モード同期レーザ光源部20mおよび信号発生部30mと、ノード100sのモード同期レーザ光源部20sおよび信号発生部30sは、第1〜第12の実施形態のモード同期レーザ光源に対応する。本実施形態では、ノード100mのマスターレーザ光源10から出力されるマスターレーザ光の一部を光分岐器46で分岐し、光ファイバ伝送路200を介してノード100sに伝送し、モード同期レーザ光源部20sに入射して注入同期させる。

[0068] ここで、ノード100mの信号発生部30mと、ノード100sの信号発生部30sの出力周波数 $f$ が同一になるように設定すれば、各ノードで同一周波数間隔 $f$ の出力光(マルチキャリア光)を発生させることができる。しかも、同一のマスターレーザ光による注入同期の効果により、出力光の低雑音化および狭線幅化を図ることができる。

[0069] なお、各ノードのモード同期レーザ光源部20m, 20sは、第6〜11の実施形態のように、マスターレーザ光とのロッキング状態を監視し、それに基づいて光共振器長を制御することによりロッキング状態を長時間維持する構成としてもよい。また、ノード100sにマスターレーザ光源を備え、ノード100mのマスターレーザ光源10からマスターレーザ光が入射されているときは使用せず、待機状態に設定するようにしてもよい。

。

[0070] (モード同期レーザ光源の第14の実施形態)

図19は、本発明のモード同期レーザ光源の第14の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第13の実施形態において光ファイバ伝送路200を介して伝送されるマスターレーザ光を、ノード100mの信号発生部30からモード同期レーザ光源部20mに与えるモード同期のための周期的信号で変調し、ノード100sでマスターレーザ光に重畳された周期的信号を復調し、モード同期レーザ光源部20sに与えるところにある。

。

[0071] すなわち、ノード100mのマスターレーザ光源10から出力されるマスターレーザ光の一部を光分岐器46mで分岐し、光変調部71に入力して信号発生部30から出力される周期的信号で変調し、光ファイバ伝送路200を介してノード100sに伝送する。ノード100sでは、光分岐器46sでマスターレーザ光を2分岐し、その一方をモード同期レーザ光源部20sに入射して注入同期させる。2分岐されたマスターレーザ光の他方は光受信器72で受信し、ノード100mの信号発生部30から出力された周期的信号を復調し、信号発生部(増幅器)31を介してモード同期レーザ光源部20sに入力する。その他の構成は、第13の実施形態と同様である。

[0072] (モード同期レーザ光源の第15の実施形態)

図20は、本発明のモード同期レーザ光源の第15の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第14の実施形態において、周期的信号をマスターレーザ光ではなく、専用の光源73の出力光に重畳し、光ファイバ伝送路201でノード100sに送信するところにある。すなわち、信号発生部30から出力される周期的信号を信号発生部(増幅器)31mを介してモード同期レーザ光源部20mに入力するとともに、信号発生部30から出力される周期的信号を光源73に入力し、光源73の出力光を変調する。その他の構成は、第14の実施形態と同様である。なお、信号発生部30から出力される周期的信号は信号発生部(増幅器)31mを介さず、モード同期レーザ光源部20mを直接駆動してもよい。また、光源73の出力光は、光合波器と光分波器を介して1本の光ファイバ伝送路200に波長多重されるものでもよい。

[0073] (モード同期レーザ光源の第16の実施形態)

図21は、本発明のモード同期レーザ光源の第16の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第15の実施形態において、ノード100mの信号発生部30で周波数 $f$ を分周した周波数 $f/K$ の周期的信号によって光源73の出力光を変調し、これをノード100sに伝送する。ノード100m, 100sの信号発生部32m, 32sは、周波数 $f/K$ の周期的信号を逡倍して周波数 $f$ の周期的信号に変換し、それぞれモード同期レーザ光源部20m, 20sに入力する。その他の構成は、第15の実施形態と同様である。なお、光源73の出力光は、光合波器と光分波器を介して1本の光ファイバ伝送路200に波長多重されるものでもよい。

[0074] 本実施形態では、周波数 $f$ の周期的信号により変調された光信号が光ファイバ伝送路201で歪む可能性のある場合に、分周した周波数 $f/K$ の周期的信号により変調された光信号を伝送することにより、光ファイバ伝送路201で生じる歪みを回避することが可能となる。

[0075] 第13ー第16の実施形態に示すように、複数のノード間でモード同期レーザ光源部20の注入同期に用いるマスターレーザ光を伝送し、さらにモード同期レーザ光源部20のモード同期に用いる周期的信号を伝送することにより、各ノードで発生するマルチキャリア光の各光周波数および位相を一致させることができる。このようなモード同期レーザ光源を構成することにより、光ホモダイン受信または光ヘテロダイン受信等を用いたコヒーレントWDM通信が可能となる。

[0076] (マルチキャリア光源の第1の実施形態)

以上説明したモード同期レーザ光源は、モード同期レーザ光源部20に配置した帯域制限部25の効果、およびマスターレーザ光源10から出力されるマスターレーザ光による注入同期の効果により、非特許文献4などのモード同期レーザでは実現されていない出力光の低雑音化および狭線幅化を図ることができる。ただし、マルチキャリア光としての帯域および縦モード本数は十分ではないので、多数のマルチキャリア光を発生させるために次のような構成をとる。

[0077] 本発明のマルチキャリア光源は、図22に示すように、本発明のモード同期レーザ光源の出力光を導波路型光非線形媒質2に入力する構成である。なお、本発明のモード同期レーザ光源の基本的な構成として、ここではマスターレーザ光源10、モード同

期レーザ光源部20、信号発生部30のみを示すが、上記の第1〜第12の実施形態の構成のいずれでもよい。導波路型光非線形媒質2では、本発明のモード同期レーザ光源の出力光を種として、スーパーコンティニウム等の非線形光学効果に基づくスペクトル増大現象を起こし、出力光に含まれる縦モードの本数を数十から数百倍に増大させてマルチキャリア光を出力する。本発明のモード同期レーザ光源の出力光に含まれる縦モードはマスターレーザ光の光周波数にロックされ、低雑音および狭線幅であるので、それから生成されるマルチキャリア光も低雑音および狭線幅となる。

[0078] 図23および図24は、本発明のマルチキャリア光源の出力スペクトルの一例を示す。図23は、本発明のモード同期レーザ光源がマスターレーザ光によって注入同期した場合であり、図24は注入同期がない場合である。キャリア光が密集して黒い帯のように見えるスペクトルの縦方向の幅は、各キャリア光の可視度に対応し、縦幅が大きいほど品質のよい出力光であることを表す。この2つの出力スペクトル例からも、マスターレーザ光による注入同期により可視度が改善されていることが分かる。特に、本発明のモード同期レーザ光源の出力光の平均波長(1552.52 nm)から離れた波長において、注入同期による改善効果が顕著である。

[0079] ここで、キャリア光の可視度について説明する。一般に可視度の定義は、周波数あるいは時間に対して変動する観測量(ここではスペクトル強度)の最大値をM、最小値をmとしたときに、 $(M-m)/(M+m)$ で表される。m=0のとき100%、m=Mのとき0%となる。図23、24の縦方向の幅はM/mで表されるが、可視度が大きくなると幅は大きくなり、可視度が小さくなると幅は小さくなる。

[0080] ところで、本発明のマルチキャリア光源に用いるモード同期レーザ光源については、第6の実施形態(図6)〜第11の実施形態(図16)に示すように、モード同期レーザ光源部20の変調部に流れる平均電流、出力光の平均光電力、出力光に含まれる縦モードの線幅あるいはCN比、マスターレーザ光とモード同期レーザ光源部20の出力光のビート信号の線幅あるいはCN比を用いてマスターレーザ光とのロッキング状態を監視し、それに基づいてモード同期レーザ光源部20の光共振器長を制御することにより、ロッキング状態を長時間維持することができる。

[0081] ここで、第8の実施形態(図11)、第9の実施形態(図13)、第10の実施形態(図14

)、第11の実施形態(図16)に示すモード同期レーザ光源部20の出力光に含まれる縦モードをモニタする代わりに、上述したように本実施形態の導波路型光非線形媒質2の出力光中のキャリア光を同様にモニタ対象としてもよい。

[0082] 図25は、導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第1例を示す。導波路型光非線形媒質2の全長あるいは一部で、本発明のモード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値(単位:ps/nm/km)が正から負に減少する特性を有する。このような波長分散特性は、例えばコア径が長手方向にテーパ状に変化する単一モード導波路で実現することができる。

[0083] 図26は、導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第2例を示す。本例では、第1例の分散減少特性に加えて、導波路型光非線形媒質2の全長あるいは一部で、波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有する。このような波長分散特性は、例えばコア径が長手方向にテーパ状に変化し、かつ2重クラッドあるいは3重クラッドあるいは4重クラッド構造の単一モード導波路で実現することができる。図23および図24のスペクトルは、この設計の光ファイバを用いたマルチキャリア光の例である。

[0084] 図27は、導波路型光非線形媒質2の波長分散特性の第3例を示す。導波路型光非線形媒質2の全長あるいは一部で、本発明のモード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値が0から $-0.5[\text{ps/nm/km}]$ で、かつ波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有する。このような波長分散特性は、例えば2重クラッドあるいは3重クラッドあるいは4重クラッド構造の単一モード導波路で実現することができる。

[0085] また、図25～図27の波長分散特性を有する導波路型光非線形媒質は、微細構造ファイバあるいはフォトニック結晶ファイバとも呼ばれるホーリーファイバを用いることにより実現可能である。このホーリーファイバは、例えば本発明のモード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散スロープの絶対値が $0.1[\text{ps/nm}^2/\text{km}]$ 以下で、非線形定数 $\gamma$ が $10[\text{W}^{-1}\text{km}^{-1}]$ 以上となる。これを用いることにより、伝搬光の閉じ込め効果が高いので非線形定数が大きい光導波路を実現でき、高効率にマルチキャリア光を発生させることができる。

[0086] (マルチキャリア光源の第2の実施形態)

図28は、本発明のマルチキャリア光源の第2の実施形態を示す。本実施形態の特

徴は、第1の実施形態に示す本発明のモード同期レーザ光源(マスターレーザ光源10、モード同期レーザ光源部20、信号発生部30)と導波路型光非線形媒質2との間に、光増幅器3を配置したところにある。

[0087] マルチキャリア光源のキャリア周波数間隔、すなわちモード同期レーザ光源の繰り返し周波数が大きい場合、モード同期レーザ光源の出力1パルスあたりのエネルギーが小さくなり、非線形光学効果が弱まってキャリア光が多く発生しない。そこで、本実施形態のように光増幅器3でモード同期レーザ光源の出力光を増幅することにより、繰り返し周波数の大きい場合でも、導波路型光非線形媒質2で多くのキャリア光を発生させることができる。

[0088] (マルチキャリア光源の第3の実施形態)

図29は、本発明のマルチキャリア光源の第3の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第1の実施形態に示す本発明のモード同期レーザ光源(マスターレーザ光源10、モード同期レーザ光源部20、信号発生部30)と導波路型光非線形媒質2との間に、モード同期レーザ光源の出力光の時間幅を圧縮するパルス圧縮器4を配置したところにある。

[0089] モード同期レーザ光源の出力光をパルス圧縮器4に入力することによりピーク強度が増大し、導波路型光非線形媒質2で多くのキャリア光を発生させることができる。パルス圧縮キャリア光4には、パルス光のチャープが大きい場合はチャープを相殺する光ファイバあるいはブラッググレーティング等の分散性媒質を用いる。パルス光のチャープが小さい場合には、光ファイバ中のソリトン効果等を利用する。

[0090] (マルチキャリア光源の第4ー第7の実施形態)

図30ー図33は、本発明のマルチキャリア光源の第4ー第7の実施形態を示す。本実施形態のマルチキャリア光源は、図18ー図21に示す本発明のモード同期レーザ光源の第13ー第16の実施形態に対応するものであり、各実施形態のモード同期レーザ光源部20mの出力光を導波路型光非線形媒質2mに入力し、モード同期レーザ光源部20sの出力光を導波路型光非線形媒質2sに入力し、各ノード100m, 100sで多数のキャリア光を発生させる。

[0091] マルチキャリア光源の各実施形態では、モード同期レーザ光源の第13ー第16の



実施形態に示したように、複数のノード間でモード同期レーザ光源部20の注入同期に用いるマスターレーザ光を伝送し、さらにモード同期レーザ光源部20のモード同期に用いる周期的信号を伝送することにより、各ノードで発生するマルチキャリア光の各光周波数および位相を一致させることができる。このようなマルチキャリア光源を構成することにより、光ホモダイン受信または光ヘテロダイン受信等を用いたコヒーレントWDM通信が可能となる。

- [0092] なお、以上説明したマルチキャリア光源において、すべての構成要素を偏波保持型とすることにより、安定したマルチキャリア光を発生させることができる。

#### 産業上の利用可能性

- [0093] 本発明は、長距離・高密度のWDM光ファイバ通信システムに用いる光源のための光周波数基準光源として、さらにそのマルチキャリア光源として利用することができる。
- [0094] 本発明は、WDM光アクセスネットワークにおける光キャリアを供給するマルチキャリア光源として利用することができる。
- [0095] 本発明は、WDM光ファイバ無線技術・ミリ波発生のためのマルチキャリア光源として利用することができる。
- [0096] 本発明は、光周波数カウンタあるいは光スペクトラムアナライザ等の光測定器の校正に用いるマルチキャリア光源として利用することができる。
- [0097] 本発明は、光コヒーレンストモグラフィ等の医用光学のための広帯域コヒーレント光源として利用することができる。

## 請求の範囲

- [1] マスターレーザ光を発生するマスターレーザ光源と、  
光共振器中に少なくとも変調部と、増幅部と、モード分配雑音を低減する帯域制限部を含むモード同期レーザ光源部と、  
前記モード同期レーザ光源部のモード同期のための前記変調部に印加する周期的信号を発生する信号発生部とを備え、  
前記マスターレーザ光を前記モード同期レーザ光源部の光共振器に入射して注入同期させる構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [2] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記変調部は、電界吸収型変調器または可飽和吸収型変調器であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [3] 請求項2に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部は、少なくとも前記変調部および前記増幅部に対応する複数の電極を有する半導体レーザ光源であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [4] 請求項3に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記変調部に印加される電圧、前記増幅部に流れる電流、または前記半導体レーザ光源の動作温度の制御により、光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [5] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記帯域制限部は、帯域通過型光フィルタあるいは回折格子あるいはブラッググレーティングあるいはチャープブラッググレーティングであることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [6] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記マスターレーザ光源と前記モード同期レーザ光源部との間に、前記モード同期レーザ光源部からの戻り光を阻止する光アイソレータまたは光サーキュレータを配置したことを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [7] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、

前記モード同期レーザ光源部に前記マスターレーザ光を入射するポートと、出力光を出射するポートが異なる構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

[8] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、

前記モード同期レーザ光源部の光共振器中に、変調部、増幅部、帯域制限部がこの順に配置され、変調部側から前記マスターレーザ光が入射される構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

[9] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、

前記マスターレーザ光源から出力されるマスターレーザ光を変調する光変調手段と、

前記モード同期レーザ光源部の変調部に印加する周期的信号と同期した周期的信号を発生する信号発生部とを備え、

前記信号発生部から出力される周期的信号によって前記マスターレーザ光を変調して前記モード同期レーザ光源部に入力する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

[10] 請求項2に記載のモード同期レーザ光源において、

前記モード同期レーザ光源部の変調部に流れる平均電流値を検出する変調部平均電流測定部と、

前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、

前記光共振器長制御部は、前記変調部平均電流測定部で測定される平均電流値が、前記モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均電流値より小さくなるように前記光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

[11] 請求項10に記載のモード同期レーザ光源において、

前記光共振器長制御部は、前記変調部平均電流測定部で測定される平均電流値が、前記モード同期レーザ光源部にマスターレーザ光が入射されないときの平均電流値の90%以下になるように前記光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

- [12] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部の出力光の平均光強度を検出する光強度測定部と、  
、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記光強度測定部で測定される平均光強度が、前記モード同期レーザ光源部に前記マスターレーザ光が入射されないときの平均光強度より大きくなるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [13] 請求項12に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記光共振器長制御部は、前記光強度測定部で測定される平均光強度が、前記モード同期レーザ光源部に前記マスターレーザ光が入射されないときの平均光強度の105%以上になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [14] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードの線幅を検出する線幅測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定される縦モードの線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [15] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードと前記マスターレーザ光のビート信号の線幅を検出する線幅測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定されるビート信号の線幅が

極小になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。

- [16] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードのCN比を検出するCN比測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記CN比測定手段で測定される縦モードのCN比が極大になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [17] 請求項1に記載のモード同期レーザ光源において、  
前記モード同期レーザ光源部の出力光に含まれる縦モードと前記マスターレーザ光のビート信号のCN比または強度を検出するCN比／強度測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定されるビート信号のCN比が極大または強度が最大になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするモード同期レーザ光源。
- [18] 請求項1〜請求項17のいずれかに記載のモード同期レーザ光源と、  
前記モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と  
を備えたことを特徴とするマルチキャリア光源。
- [19] 請求項1〜請求項9のいずれかに記載のモード同期レーザ光源と、  
前記モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、  
前記導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光の線幅を検出する線幅測定手段と、前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、

前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定されるキャリア光の線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするマルチキャリア光源。

- [20] 請求項1～請求項9のいずれかに記載のモード同期レーザ光源と、  
前記モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、  
前記導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光と前記マスターレーザ光のビート信号の線幅を検出する線幅測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定されるビート信号の線幅が極小になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするマルチキャリア光源。

- [21] 請求項1～請求項9のいずれかに記載のモード同期レーザ光源と、  
前記モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、  
前記導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光のCN比を検出するCN比測定手段と、  
前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、  
前記光共振器長制御部は、前記CN比測定手段で測定されるキャリア光のCN比が極大になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするマルチキャリア光源。

- [22] 請求項1～請求項9のいずれかに記載のモード同期レーザ光源と、  
前記モード同期レーザ光源の出力光を入力し、そのスペクトル帯域を増大させて生成されるマルチキャリア光を出力する導波路型光非線形媒質と、  
前記導波路型光非線形媒質の出力光中のキャリア光と前記マスターレーザ光のビート信号のCN比または強度を検出するCN比／強度測定手段と、

前記モード同期レーザ光源部の光共振器長を制御する光共振器長制御部とを備え、

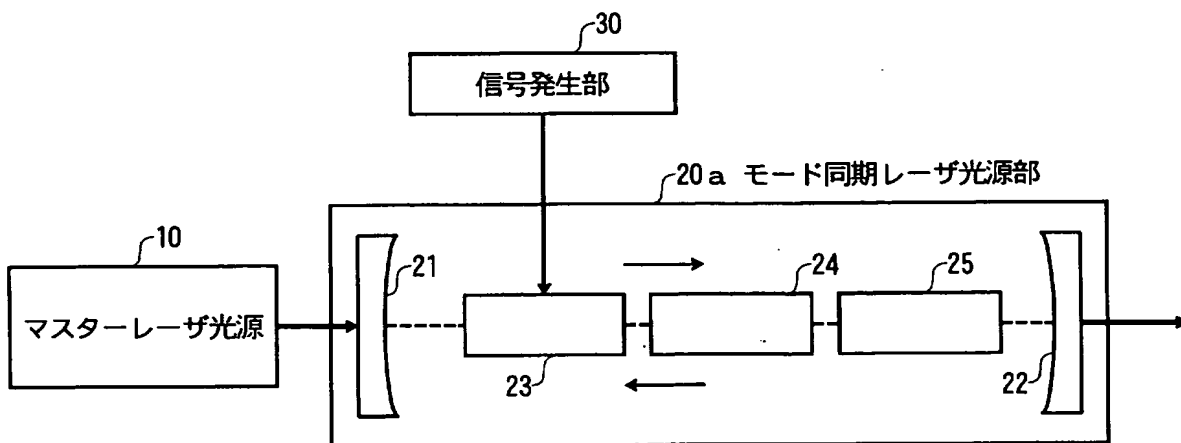
前記光共振器長制御部は、前記線幅測定手段で測定されるビート信号のCN比が極大または強度が最大になるように光共振器長を制御する構成であることを特徴とするマルチキャリア光源。

- [23] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、  
前記導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、前記モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値(単位:ps/nm/km)が正から負に減少する特性を有することを特徴とするマルチキャリア光源。
- [24] 請求項23に記載のマルチキャリア光源において、  
前記導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有することを特徴とするマルチキャリア光源。
- [25] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、  
前記導波路型光非線形媒質の全長あるいは一部は、前記モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散値が0から $-0.5[\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ で、かつ波長分散特性が上に凸の関数になる特性を有することを特徴とするマルチキャリア光源。
- [26] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、  
前記導波路型光非線形媒質は、前記モード同期レーザ光源の出力光の平均波長における分散スロープの絶対値が $0.1[\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}]$ 以下で、非線形定数 $\gamma$ が $10[\text{W}^{-1}\text{km}^{-1}]$ 以上のホーリーファイバであることを特徴とするマルチキャリア光源。
- [27] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、  
前記モード同期レーザ光源と前記導波路型光非線形媒質との間に光増幅器を配置したことを特徴とするマルチキャリア光源。
- [28] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、  
前記モード同期レーザ光源と前記導波路型光非線形媒質との間に、前記モード同期レーザ光源の出力光の時間幅を圧縮するパルス圧縮器を配置したことを特徴とするマルチキャリア光源。
- [29] 請求項18～請求項22のいずれかに記載のマルチキャリア光源において、

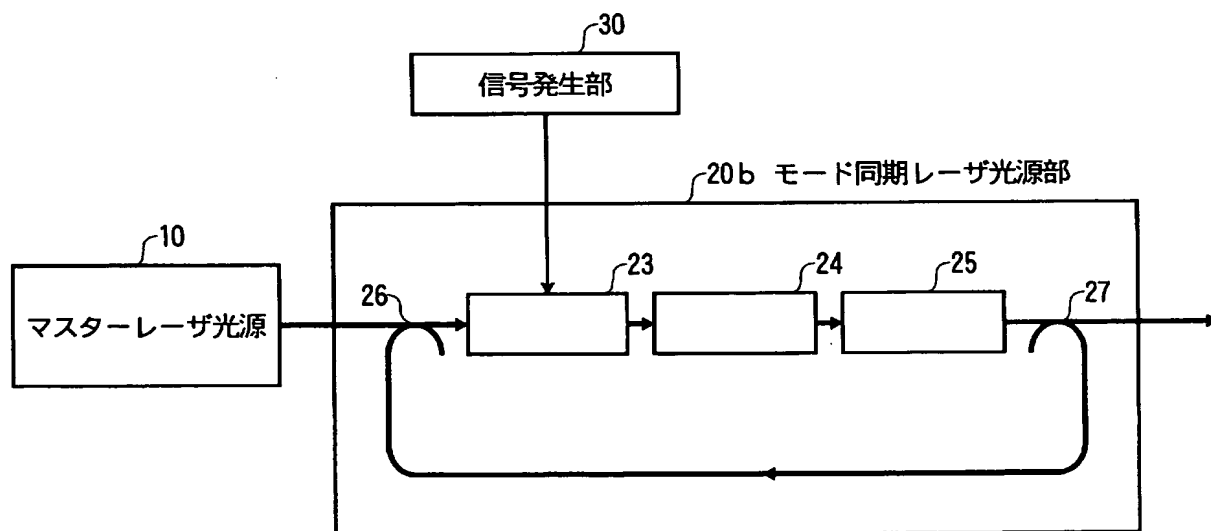
マルチキャリア光源を構成する各要素を偏波保持型としたことを特徴とするマルチキャリア光源。



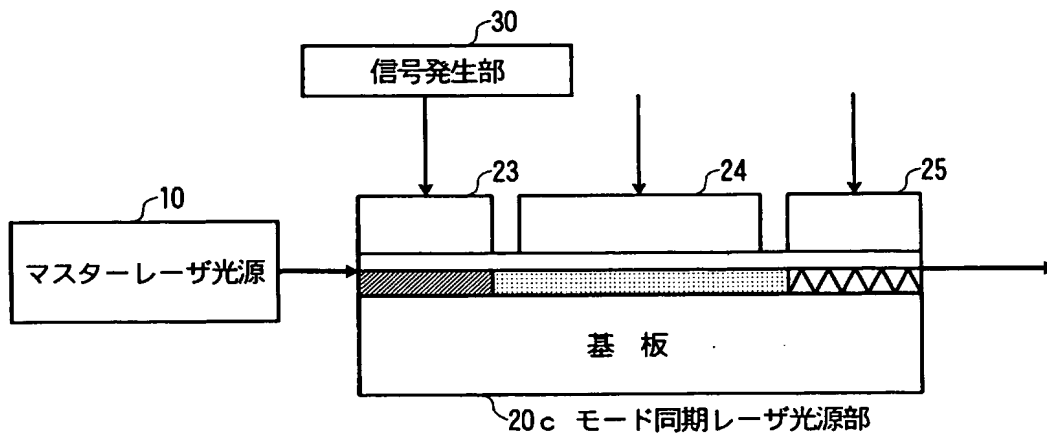
[図1]



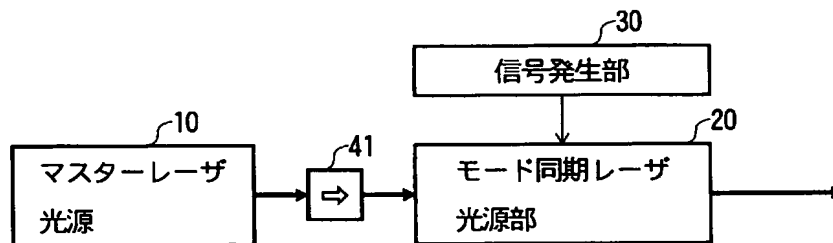
[図2]



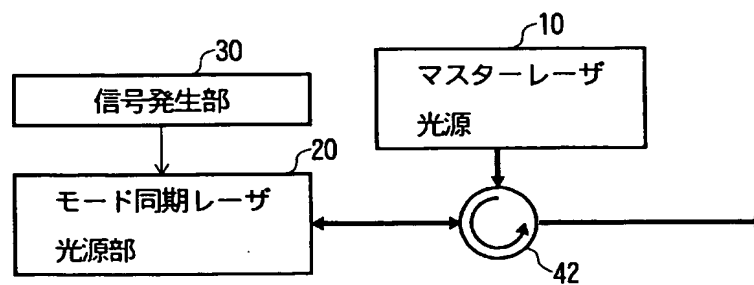
[図3]



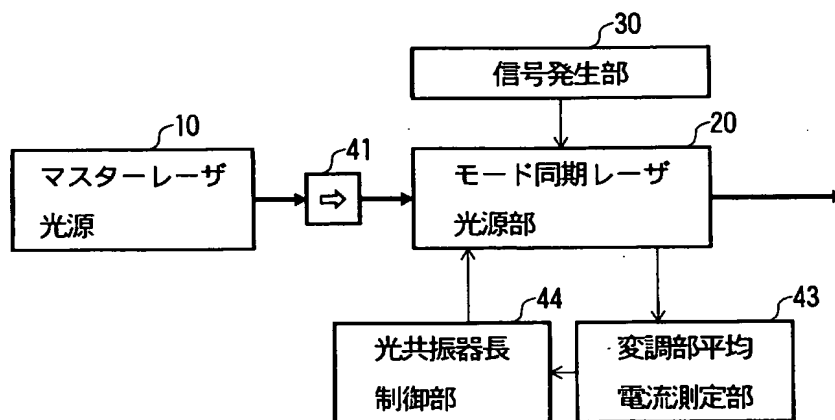
[図4]



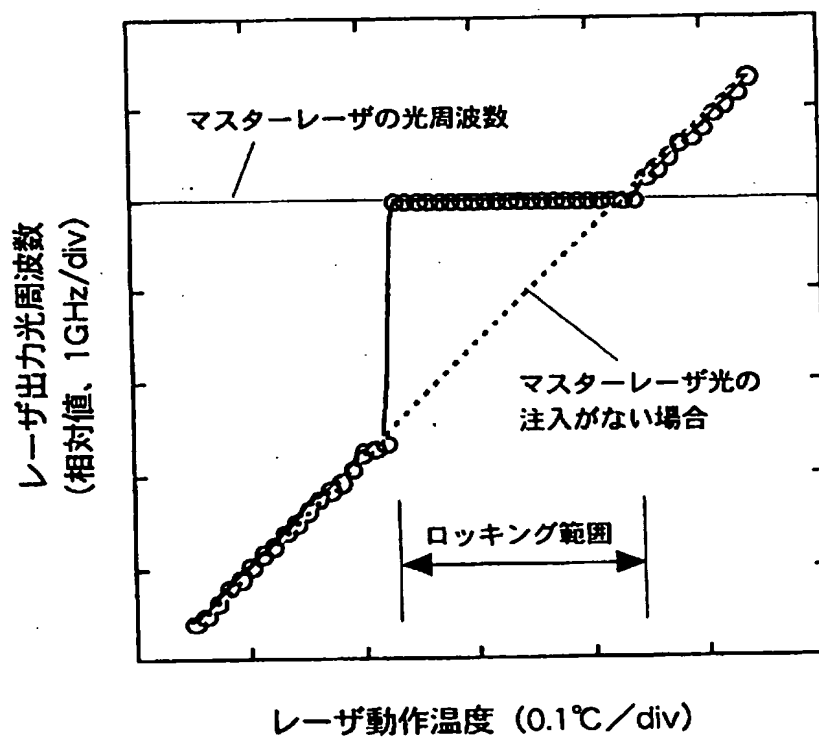
[図5]



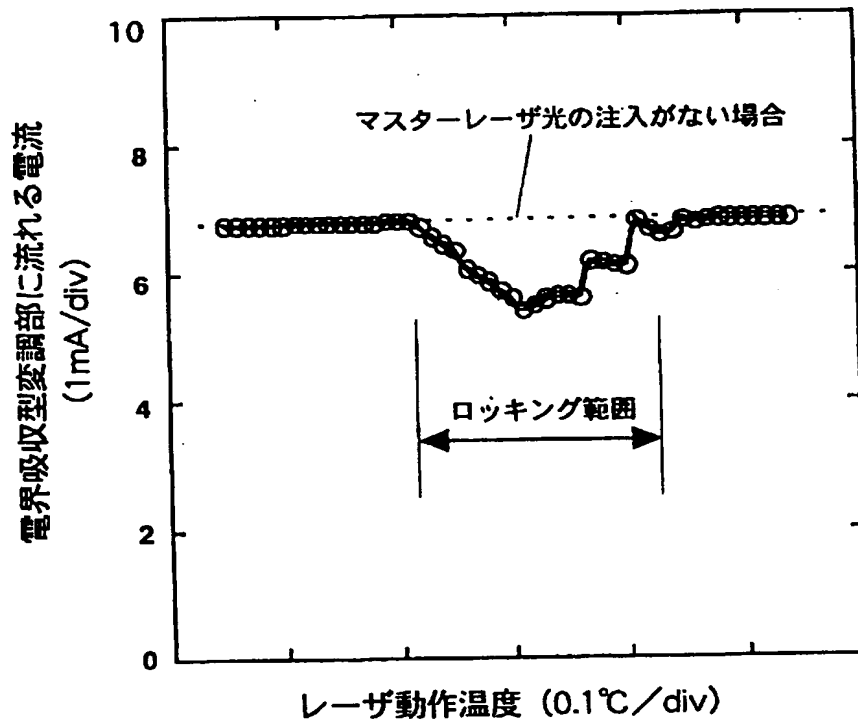
[図6]



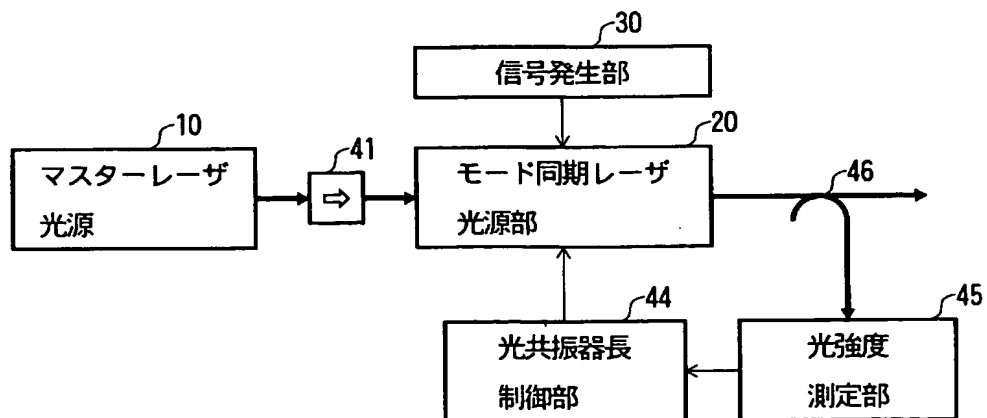
[図7]



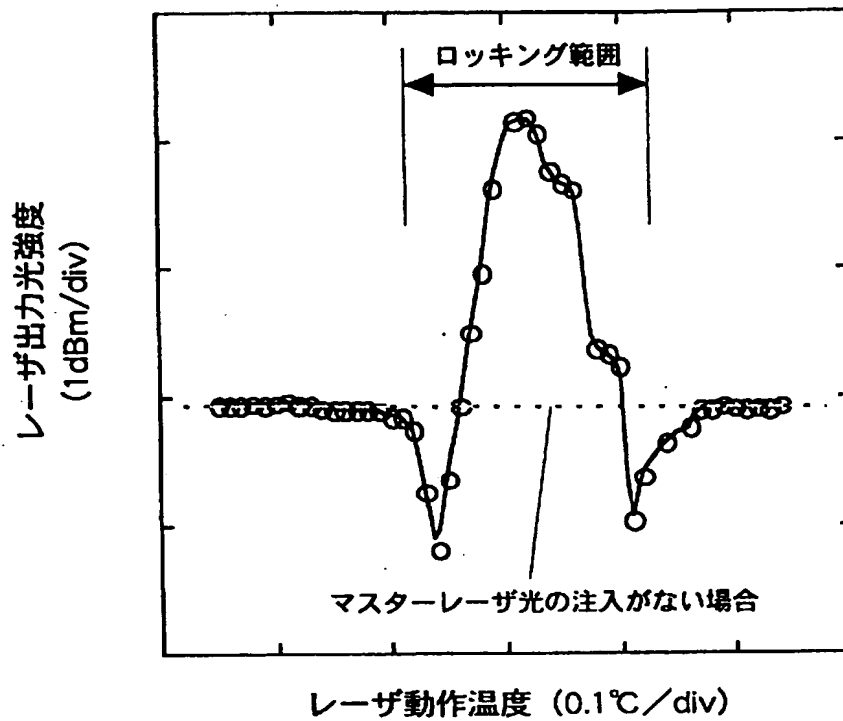
[図8]



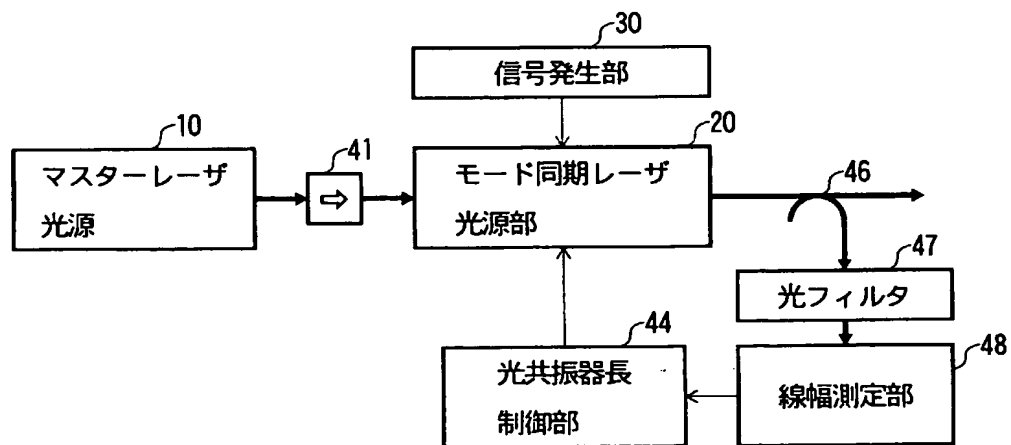
[図9]



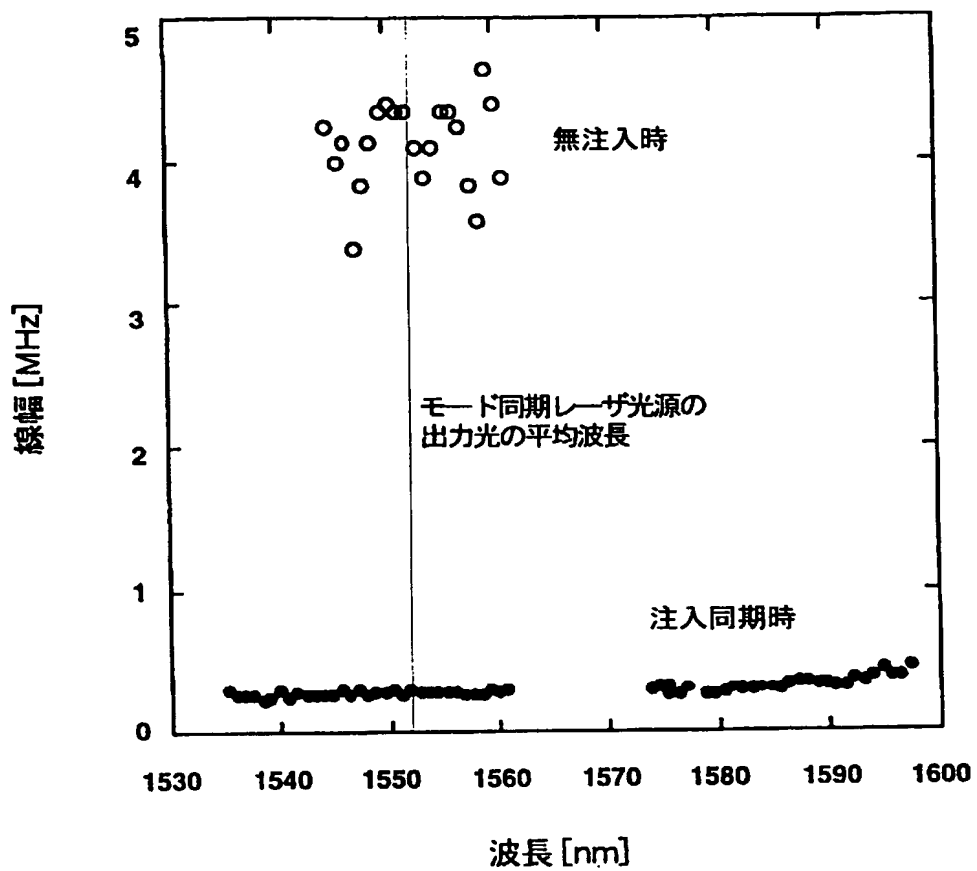
[図10]



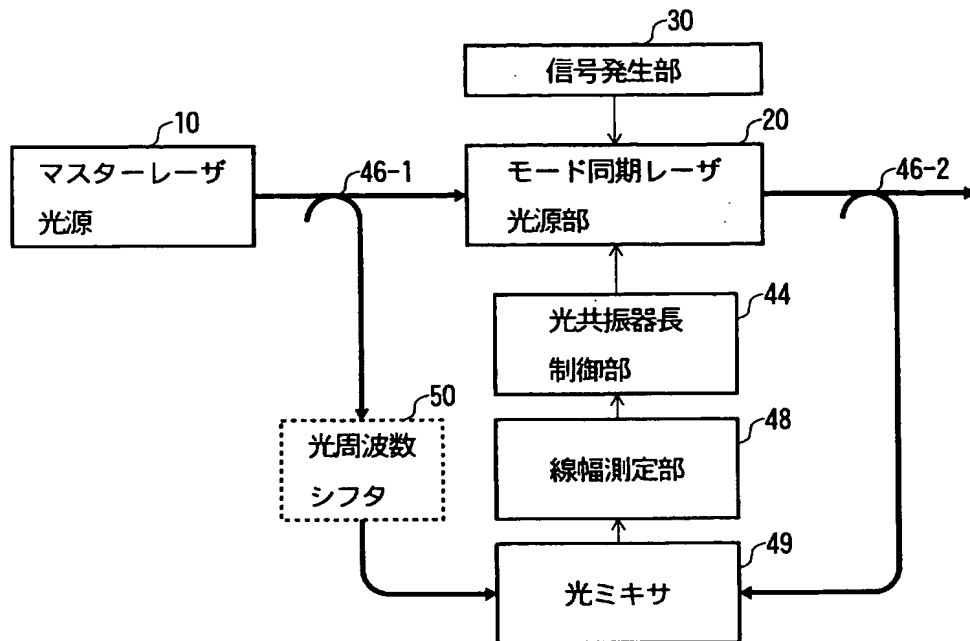
[図11]



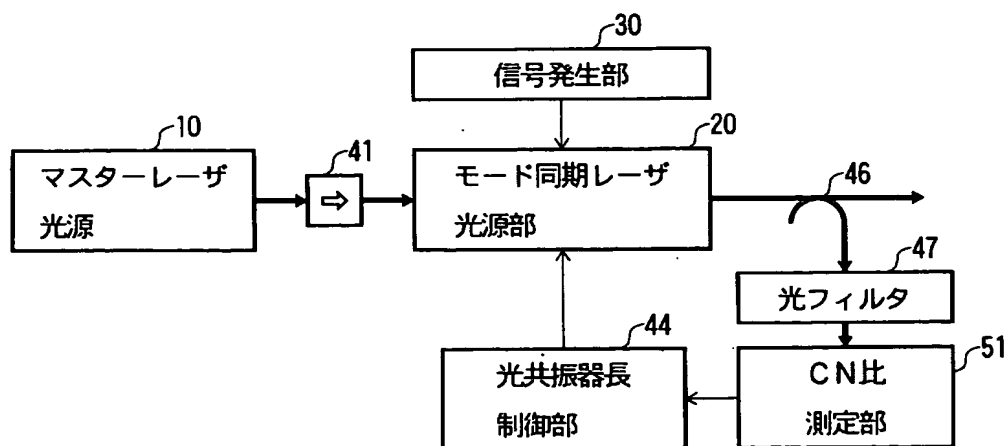
[図12]



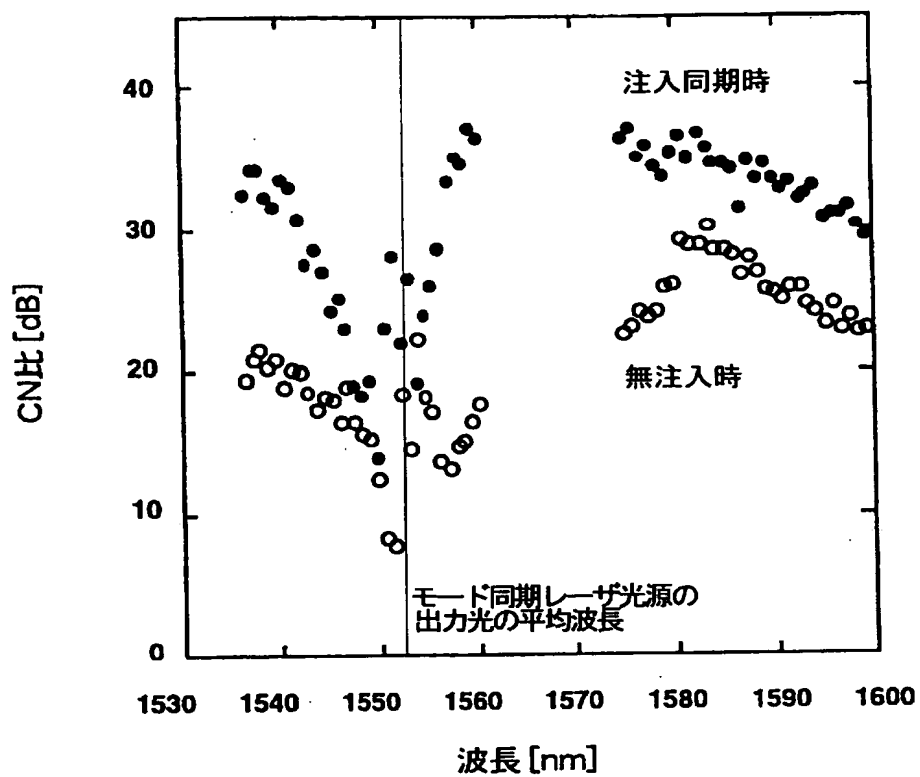
[図13]



[図14]

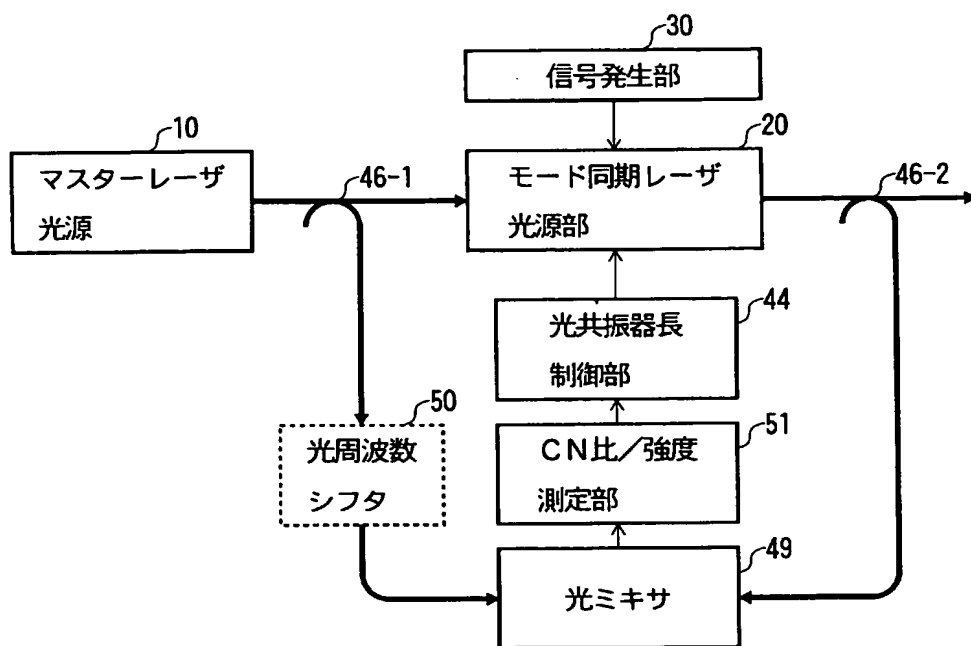


[図15]

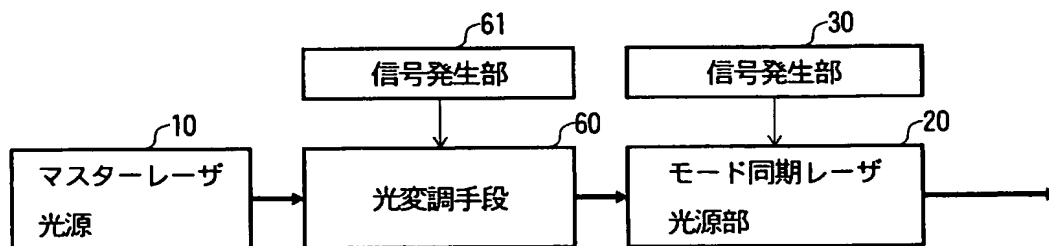




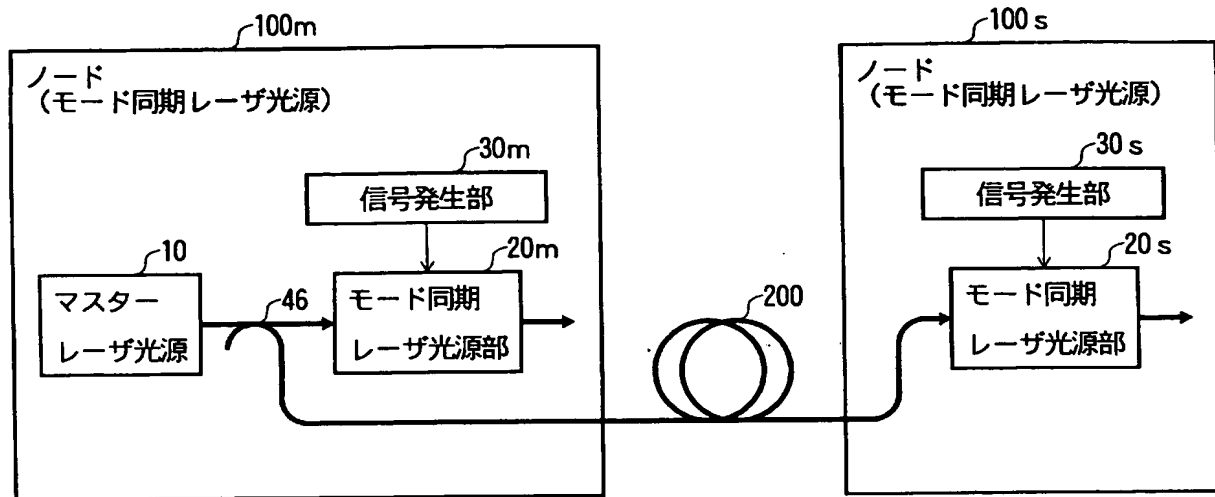
[図16]



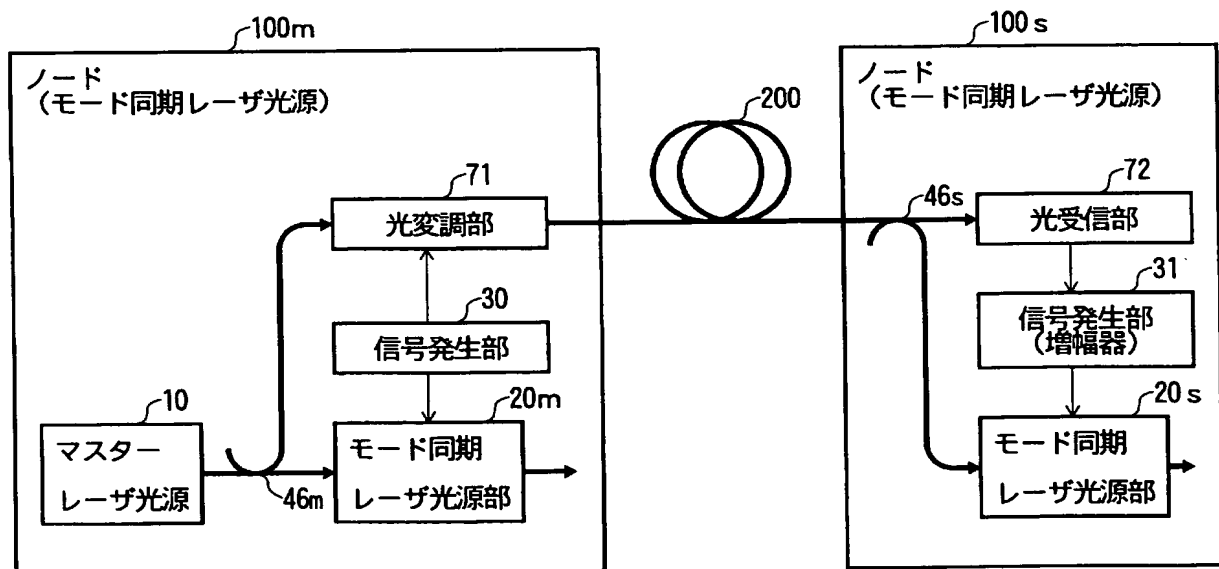
[図17]



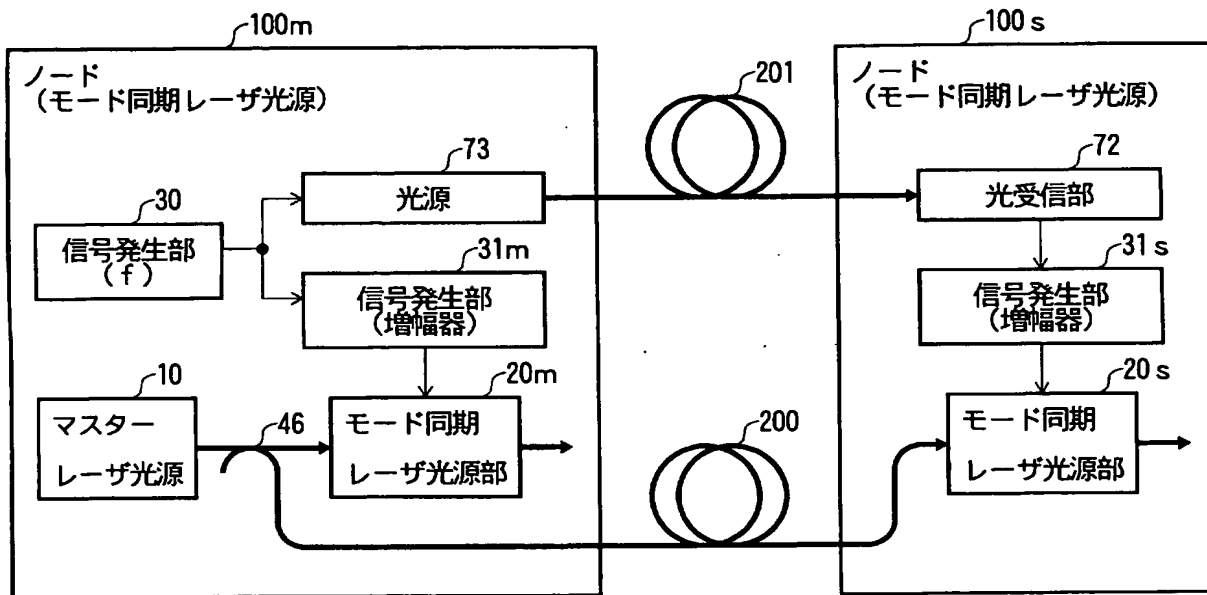
[図18]



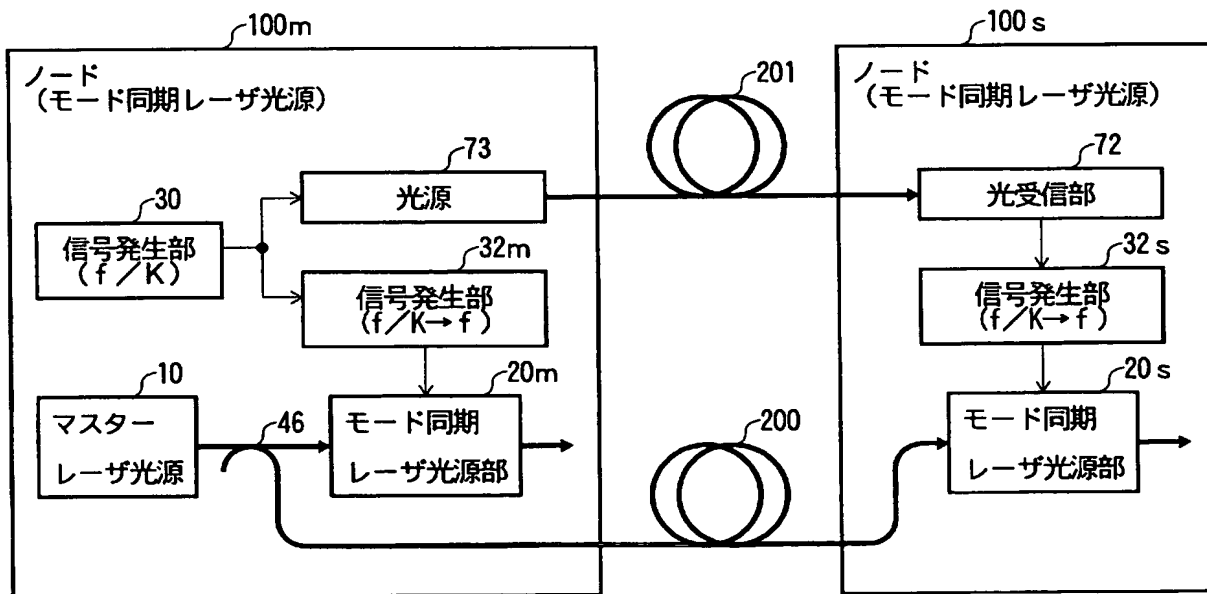
[図19]



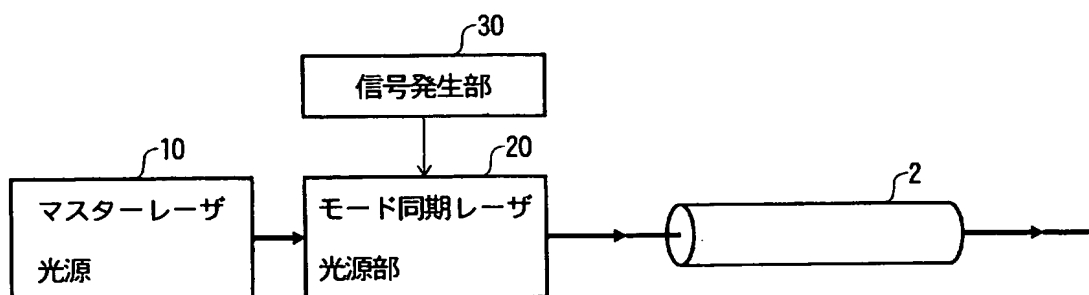
[図20]



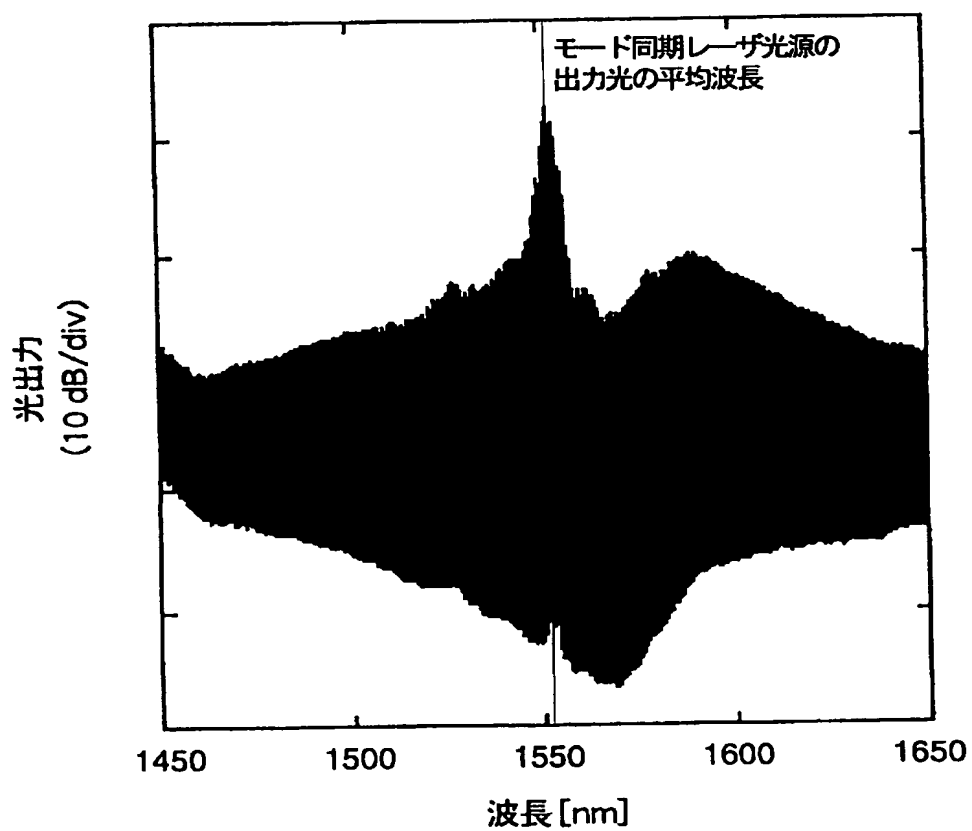
[図21]



[図22]

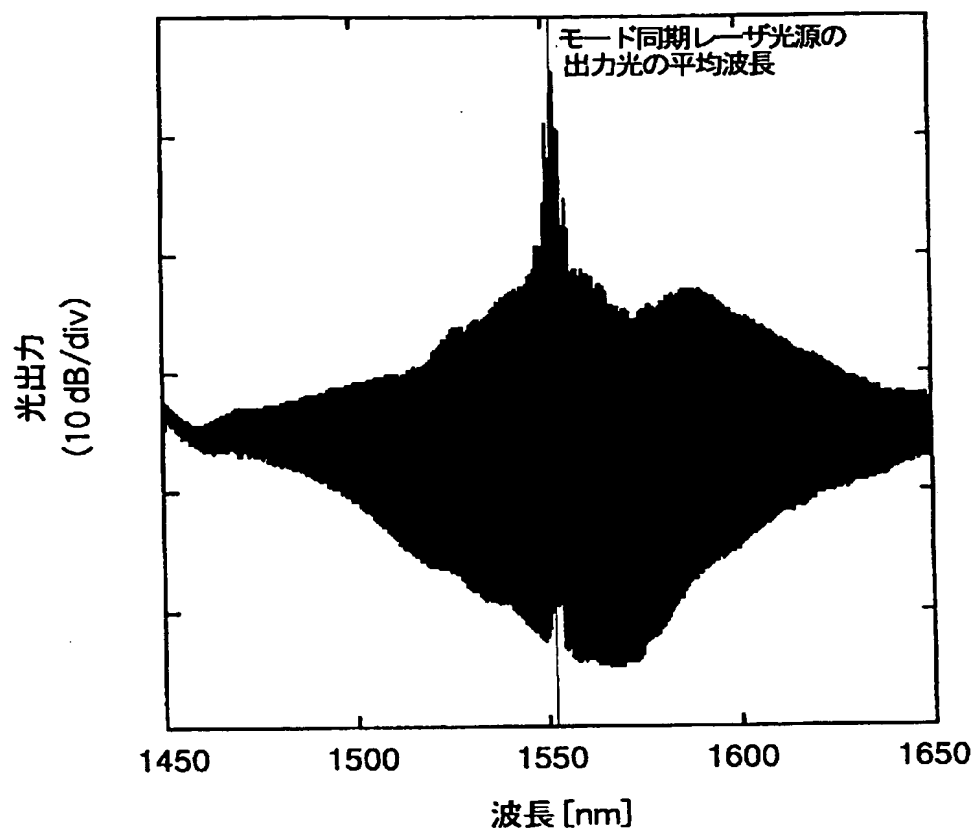


[図23]

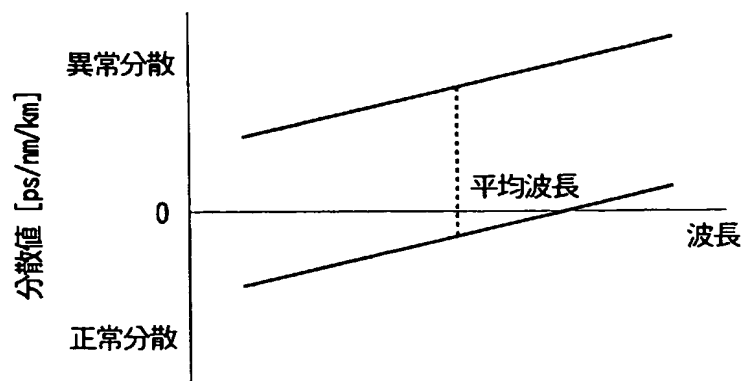


BEST AVAILABLE COPY

[図24]

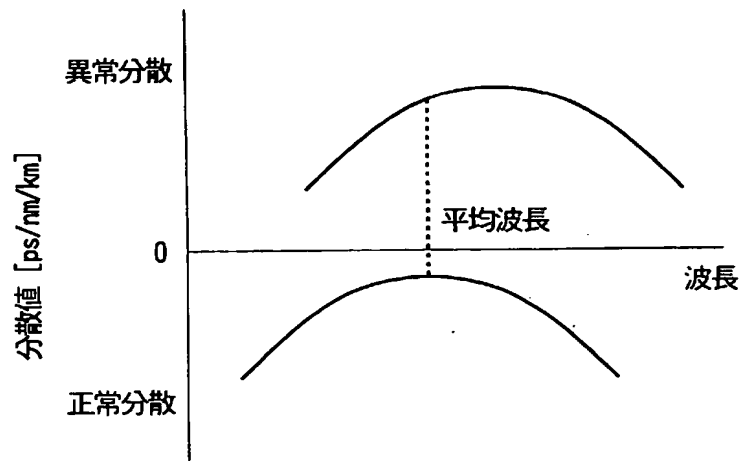


[図25]

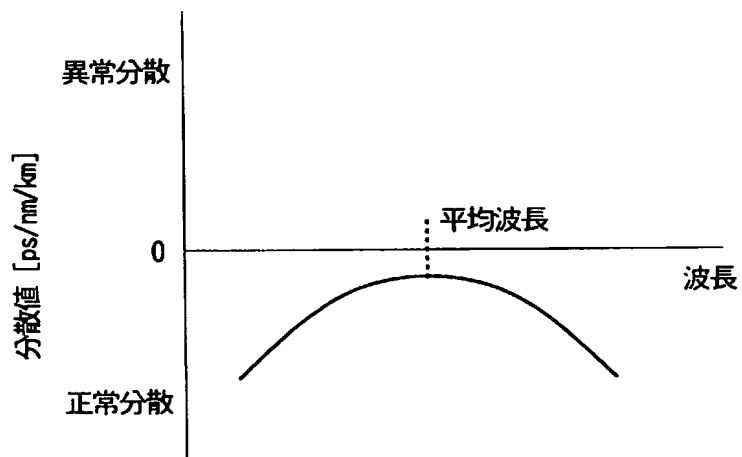


BEST AVAILABLE COPY

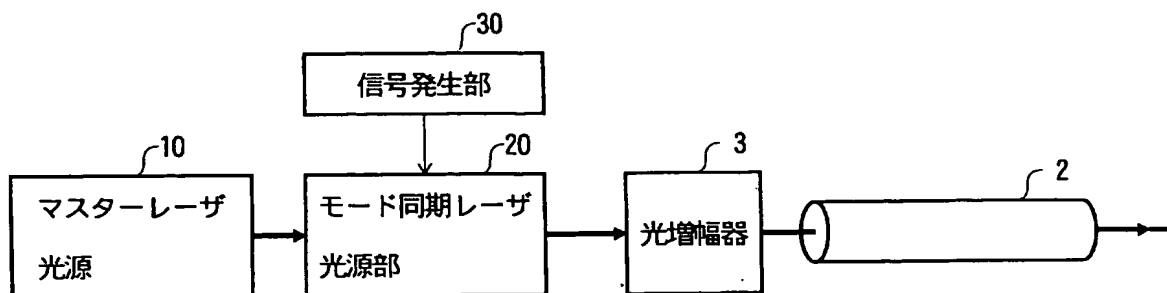
[図26]



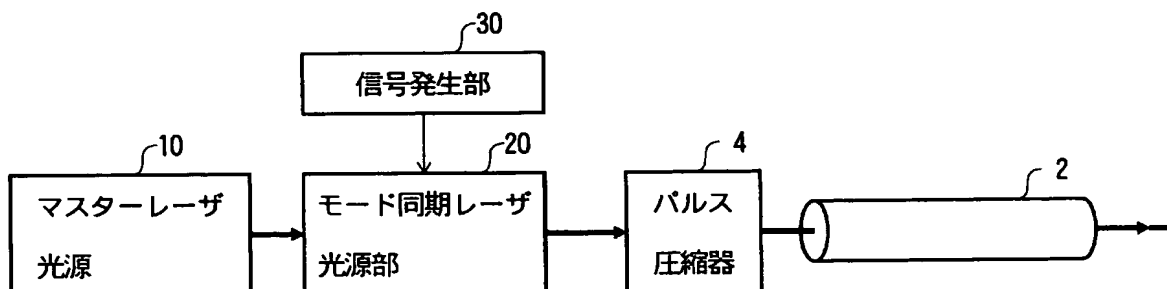
[図27]



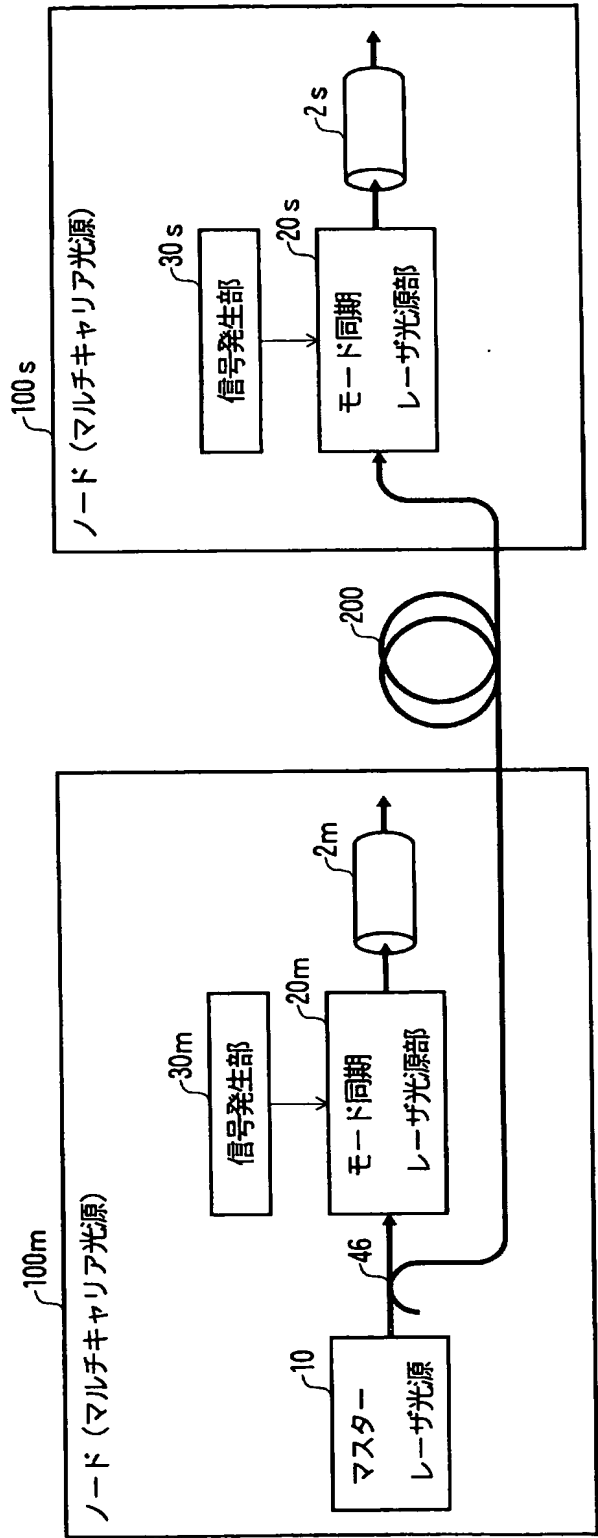
[図28]



[図29]

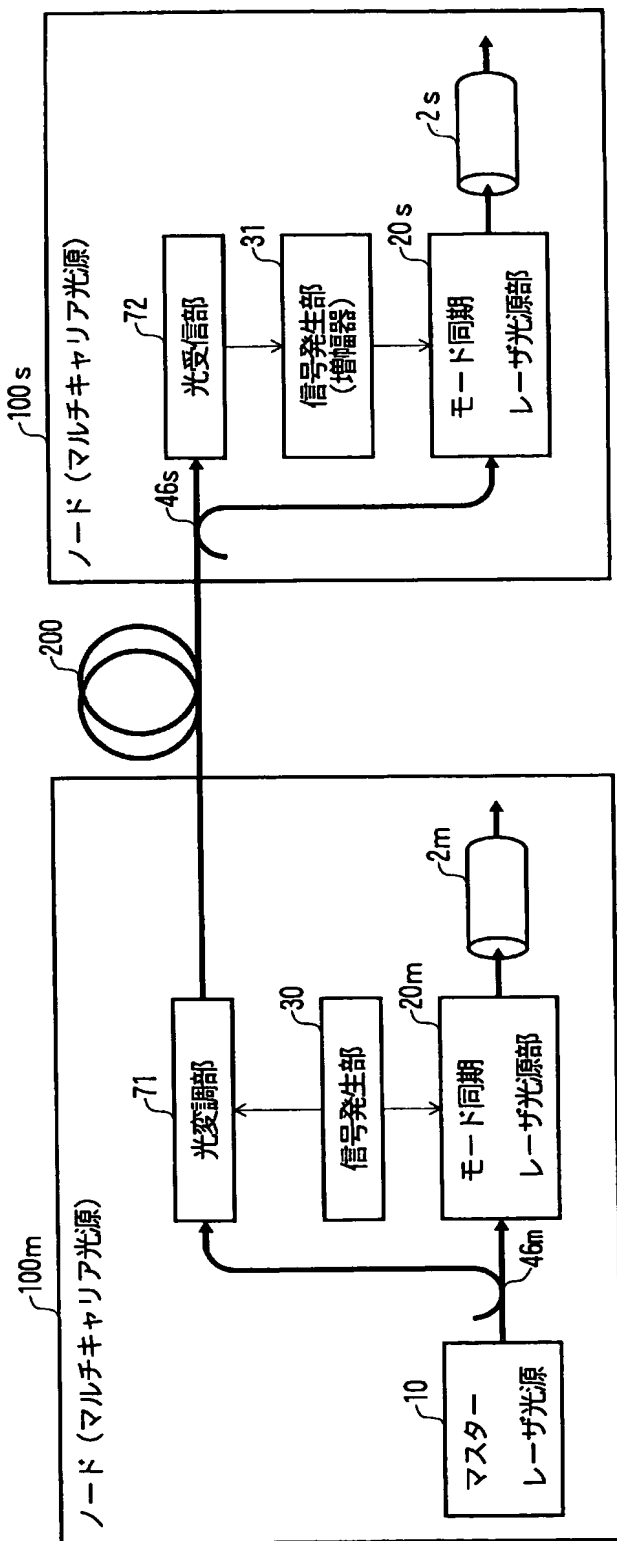


[図30]

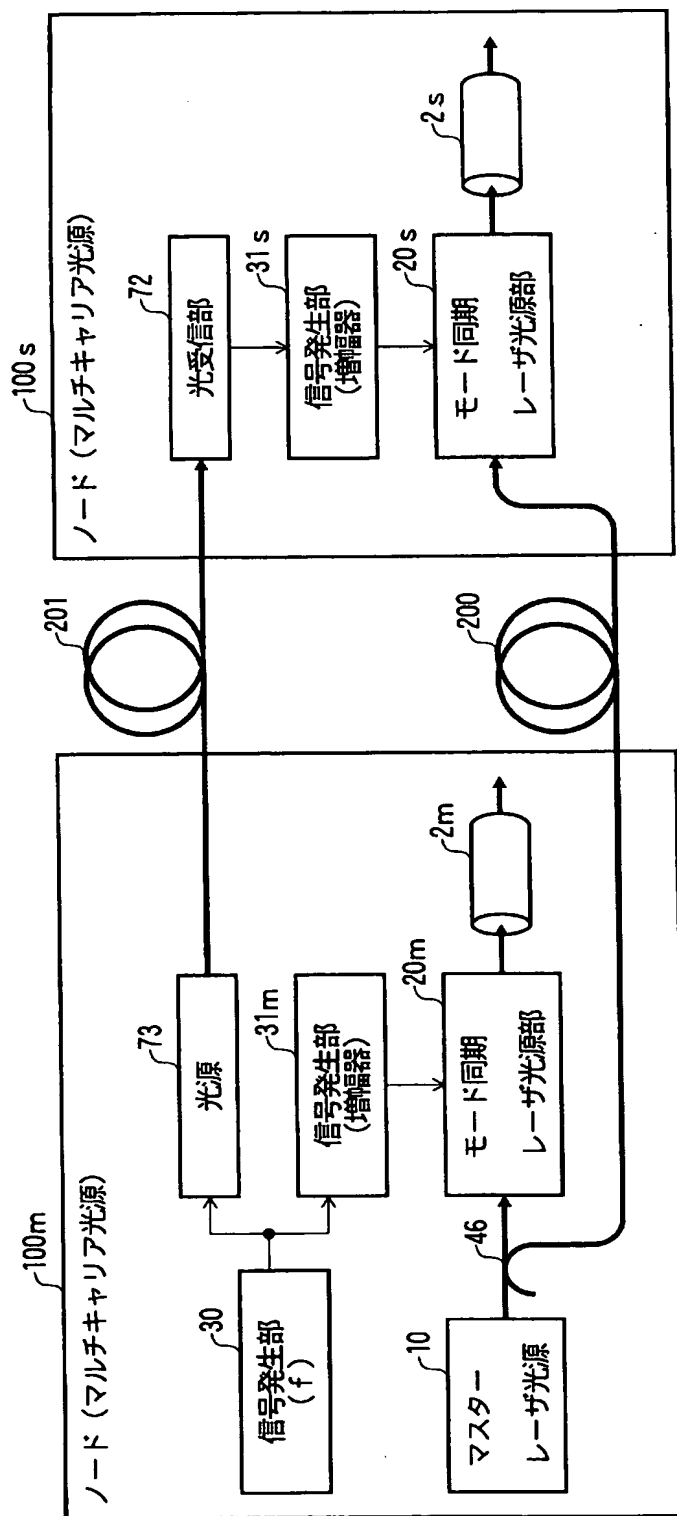




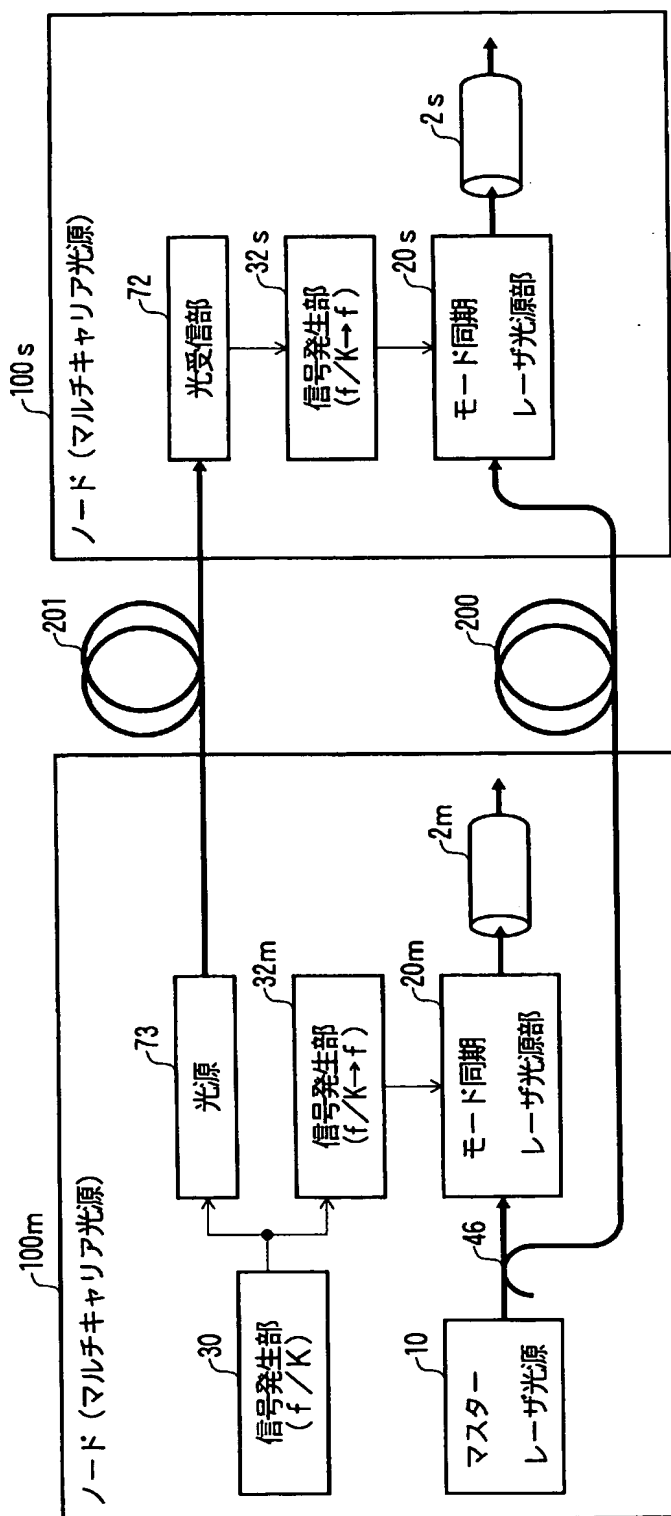
[図31]



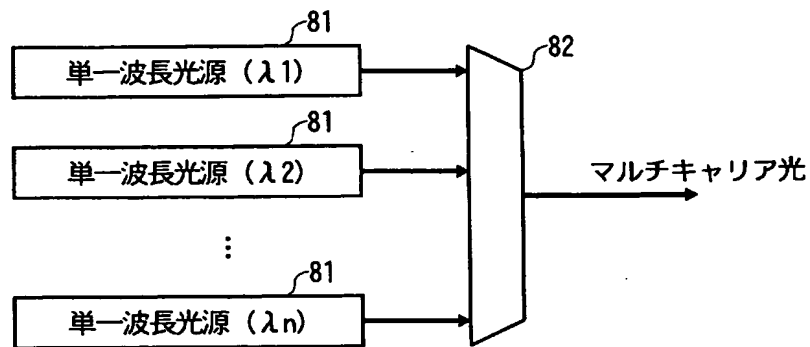
[図32]



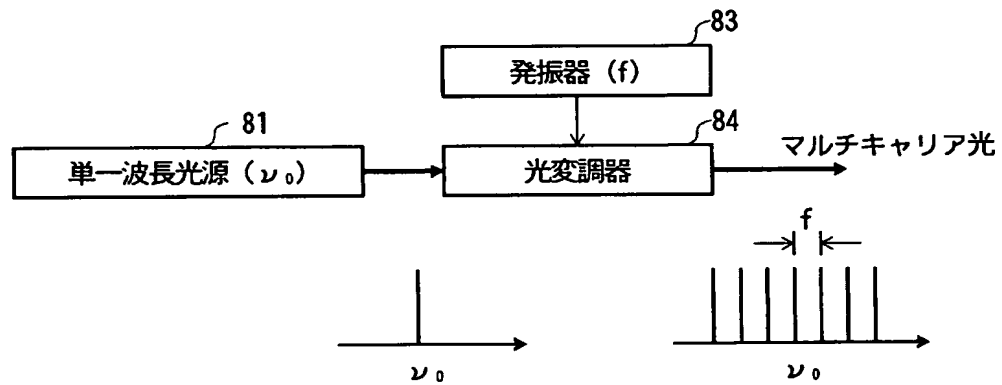
[図33]



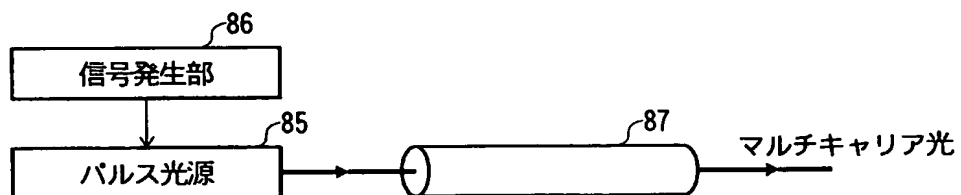
[図34]



[図35]



[図36]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001615

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01S5/065, H04B10/02, 10/18, H04J14/00, 14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01S5/00-5/50, H04B10/02, 10/18, H04J14/00, 14/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE/IEE Electronic Library

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-145554 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 28 May, 1999 (28.05.99), Abstract; Par. Nos. [0018] to [0058]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-5, 9 6-8, 18, 23-29
Y	JP 2000-277849 A (Kokuritsu Daigaku Hojin Nagoya Daigaku), 06 October, 2000 (06.10.00), Par. No. [0020]; Fig. 1 (Family: none)	6-7
Y	US 6282214 B1 (GOTO et al.), 28 August, 2001 (28.08.01), Whole Document and Figures & JP 2000-101181 A	6-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
25 April, 2005 (25.04.05)

Date of mailing of the international search report  
17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001615

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 08-148749 A (NEC Corp.), 07 June, 1996 (07.06.96), Par. Nos. [0009] to [0011]; Fig. 1 (Family: none)	8
Y	TaKara, H. et al., "More than 1000 channel optical frequency chain generation from single supercontinuum source with 12.5 GHz channel spacing", In: Electronics Letters, Vol.36, Issue 25, 07 December, 2000 (07.12.00), pages 2089 to 2090	18
Y	Mori, K. et al., "Flatly broadened supercontinuum spectrum generated in a dispersion decreasing fibre with convex dispersion profile", In: Electronics Letters, Vol.33, Issue 21, 09 October, 1997 (09.10.97), pages 1806 to 1808	23-27
Y	Hansen, K.P. et al., "Fully dispersion controlled triangular-core nonlinear photonic crystal fiber", Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, OFC 2003, Vol.3, 23-28 March 2003, pages PD2-1 to PD 2-3	23-27
Y	US 6356693 B1 (SHIMIZU et al.), 12 March, 2002 (12.03.02), Column 1, lines 10 to 19 & JP 2000-338453 A & EP 1056169 A2	28
A	JP 09-318832 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 12 December, 1997 (12.12.97), Par. No. [0037] (Family: none)	12-13
A	JP 2000-151000 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 30 May, 2000 (30.05.00), Par. No. [0006] (Family: none)	15,20
A	JP 11-284274 A (Toshiba Corp.), 15 October, 1999 (15.10.99), Par. Nos. [0010] to [0016] (Family: none)	16-17,21-22

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01S5/065, H04B10/02, 10/18, H04J14/00, 14/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01S5/00-5/50, H04B10/02, 10/18, H04J14/00, 14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE/IEE Electronic Library

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 11-145554 A (沖電気工業株式会社) 1999.05.28, 要約、【0018】 - 【0058】、図1-3 (ファミリーなし)	1-5, 9 6-8, 18, 23-29
Y	JP 2000-277849 A (国立大学法人名古屋大学) 2000.10.06, 【0020】、図1 (ファミリーなし)	6-7
Y	US 6282214 B1 (GOTO et al.) 2001.08.28, Whole Document and Figures & JP 2000-101181 A	6-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐野 秀生

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

9519

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 08-148749 A (日本電気株式会社) 1996.06.07, 【0009】-【0011】、図1 (ファミリーなし)	8
Y	Takara, H., et al., 'More than 1000 channel optical frequency chain generation from single supercontinuum source with 12.5 GHz channel spacing' In: Electronics Letters, Volume 36, Issue 25, 7 Dec. 2000, Page(s):2089 - 2090	18
Y	Mori, K., et al., 'Flatly broadened supercontinuum spectrum generated in a dispersion decreasing fibre with convex dispersion profile' In: Electronics Letters, Volume 33, Issue 21, 9 Oct. 1997, Page(s):1806 - 1808	23 - 27
Y	Hansen, K.P., et al., 'Fully dispersion controlled triangular-core nonlinear photonic crystal fiber' Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, OFC 2003, vol.3, 23-28 March 2003, Page(s):PD2-1 - PD2-3	23 - 27
Y	US 6356693 B1 (SHIMIZU et al.) 2002.03.12, Column 1 Lines 10-19 & JP 2000-338453 A & EP 1056169 A2	28
A	JP 09-318832 A (日本電信電話株式会社) 1997.12.12, 【0037】 (ファミリーなし)	12 - 13
A	JP 2000-151000 A (日本電信電話株式会社) 2000.05.30, 【0006】 (ファミリーなし)	15, 20
A	JP 11-284274 A (株式会社東芝) 1999.10.15, 【0010】-【0016】 (ファミリーなし)	16 - 17, 21 - 22